





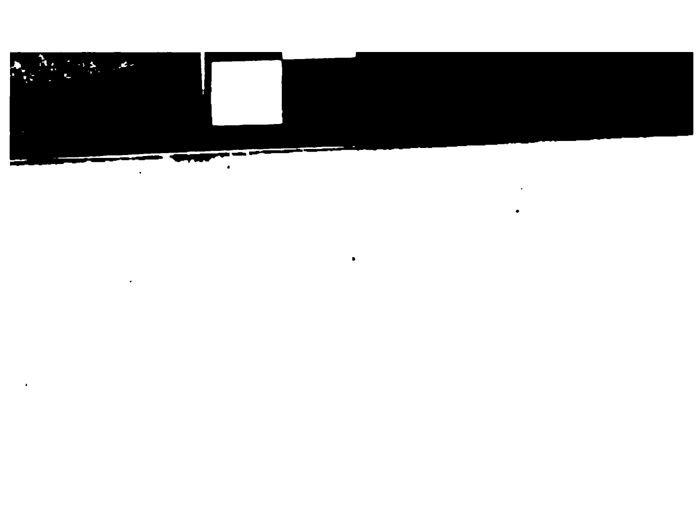
[redacted]

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XLI.



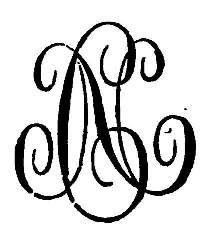
# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME QUARANTE-UNIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16, près la rue des Mathurins.

1829.



DE L'IMPRIMERIE DE C. THUAU,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

# ANNALES

## DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

**Mémoire** *sur l'électro-chimie et l'emploi de l'électricité pour opérer des combinaisons.*

Par M. Becquerel.

(Lu à l'Académie des Sciences le 23 février 1829.)

### INTRODUCTION.

L'enveloppe de notre globe, depuis sa surface jusqu'à la plus grande profondeur où l'homme soit parvenu, se compose de quatre formations distinctes. Chacune d'elles a été étudiée séparément sous le rapport des minéraux et des débris d'êtres organiques qu'elle renferme. L'ensemble des faits observés constitue la géognosie.

Les substances minérales renfermées dans les grandes masses ont cristallisé au moment même où celles-ci étaient en liquéfaction ; elles sont par conséquent d'une époque contemporaine, et l'on ne peut rien savoir sur les causes qui les ont produites ; mais ces mêmes substances ont pu être remaniées par les eaux, puis déposées dans des cavités, des filons, à côté de métaux qui

ont dû exercer sur elles des actions quelconques, d'où sont résultés de nouveaux composés. Le physicien peut donc ajouter des notions importantes à l'histoire de la terre, en cherchant à découvrir les forces en vertu desquelles ces changemens se sont opérés.

On sait que les eaux contiennent ordinairement des substances relatives aux terrains qu'elles traversent. Dans les terrains calcaires, ce sont le carbonate et le sulfate de chaux; dans les grands lacs, le carbonate et le muriate de soude. Les eaux minérales renferment ordinairement les sulfates de soude et de magnésie; les nitrates de potasse, de chaux, de magnésie, se forment dans les vieux murs et près des habitations. Le nitrate de soude existe en Amérique, en couches minces d'une grande étendue. L'acide borique et le borate de soude se trouvent dans certains lacs. L'intérieur des mines se charge toujours de sels dépendans de leur nature. En général, ce sont les sulfates de zinc, de nickel, de cobalt, de fer et de cuivre qui proviennent de la décomposition de leurs sulfures respectifs; on y rencontre aussi les sulfates de magnésie, d'alumine et de manganèse.

Dans les terrains volcaniques, le soufre y donne naissance à des sulfates; l'acide hydrochlorique à des chlorures de cuivre, de fer, de soude et de potasse, qui par leur réaction sur les laves provoquent la formation de certaines substances.

Il est à croire que ce ne sont pas les seuls composés qui se forment journellement; car on trouve, dans les filons, des substances qui y ont été déposées à une époque postérieure à la consolidation des masses, et qui, se trouvant en contact avec des dissolutions salines,

doivent éprouver des actions électriques propres à amener leur décomposition. Au surplus, quelle que soit l'origine de la plupart de ces substances, si je parviens à prouver qu'on peut arriver à en former de semblables par l'emploi seul de forces électriques très-faibles, si faciles à produire dans l'état actuel de la science, j'aurai rendu probable la supposition que les autres peuvent avoir eu une origine semblable, surtout si la méthode employée découle d'un principe général; cette méthode repose sur les effets électriques qui se manifestent dans l'action chimique des métaux en contact avec les dissolutions salines, et dans celle des dissolutions entre elles. Cet examen renferme probablement la clef des phénomènes dont nous sommes journellement témoins dans les trois règnes de la nature.

Le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie, est divisé en deux parties; la première comprend les effets électro-chimiques produits principalement dans le contact des dissolutions entre elles et dans celui de ces dernières avec les métaux; et la seconde, les applications qu'on peut en faire à la combinaison des corps.

## CHAPITRE PREMIER.

### *Des actions électro-chimiques et de leur influence sur un élément voltaïque.*

#### § Ier. *Des diverses théories électro-chimiques, et des découvertes qui s'y rapportent.*

Volta, en créant l'admirable instrument auquel les sciences physiques et chimiques doivent un si grand

nombre de découvertes importantes, a admis comme base fondamentale de sa théorie, que tous les corps suffisamment bons conducteurs de l'électricité, se constituaient toujours dans deux états électriques contraires par leur contact mutuel, et que le liquide interposé entre chaque couple de la pile, n'agit seulement que pour transmettre l'électricité de l'un à l'autre; de sorte que son action chimique sur les métaux n'influe en rien sur l'effet produit.

M. Davy a donné plus d'extension à cette théorie; il a avancé que les substances acides et alcalines, qui peuvent exister sous la forme sèche et solide, s'électrisent également par leur contact; que les premières sont toujours négatives et les autres positives, et que ces effets cessent à l'instant où commence l'action chimique.

Ce savant célèbre, tout en admettant la théorie de Volta sur le contact, a cependant reconnu la nécessité d'une action chimique, pour que la pile puisse se charger assez rapidement de manière à produire des décompositions.

MM. Wollaston et Fabroni ont regardé l'action chimique du liquide sur les métaux comme la cause unique du développement de l'électricité, sans s'expliquer sur la manière dont elle l'opère. En France, MM. Biot et F. Cuvier vérifièrent en partie cette conjecture, en montrant qu'une pile voltaïque cesse de fonctionner quand elle se trouve dans un milieu privé de gaz oxigène.

La découverte importante de l'électro-magnétisme par M. OErsted, a fourni aux physiciens de nouveaux moyens d'explorer les phénomènes électro-chimiques, et de

constater les plus faibles dégagemens de l'électricité dans l'action chimique.

C'est à cette époque que je commençai à me livrer à des recherches expérimentales sur l'électro-chimie. Je multipliai les appareils et les expériences pour démontrer que dans toutes les actions chimiques il se produit des phénomènes électriques qui sont inverses de ceux que M. Davy avait découverts dans le contact des acides et des alcalis ou des métaux, quand il n'est pas suivi d'une combinaison, c'est-à-dire, que l'acide prend l'électricité positive, et l'alcali ou le métal l'électricité négative. (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. xxiii, p. 252.) J'étudiai successivement l'action des acides sur les alcalis, celles des liquides les uns sur les autres et sur les métaux, d'abord avec le galvanomètre, ensuite avec le condensateur; enfin, je mis tous mes soins à vérifier l'exactitude du fait général dont je viens de parler (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. xxiii, p. 192; t. xxiv, p. 337; t. xxv, p. 405; t. xxvi, p. 176; t. xxvii, p. 5; t. xxviii, p. 19).

MM. De Larive, Nobili et Marianini ont contribué ensuite, par leurs découvertes, à faire faire des pas importans à la science.

M. De Larive, dans deux Mémoires intéressans, a cherché à établir le principe adopté par M. Wollaston, que le contact des métaux ne produit d'effets électriques qu'autant qu'il y a action chimique. Dans le premier, il montre que l'on peut varier les effets électriques dans un même couple voltaïque, en employant successivement divers conducteurs liquides, et tire la conséquence suivante des faits qu'il a observés :

Quand un métal est attaqué par un agent chimique, soit liquide, soit gazeux, la surface attaquée acquiert une électricité positive, qui se répand dans le gaz ou le liquide environnant. Le fluide négatif, chassé de la surface attaquée, tend à sortir du métal par tous les conducteurs qui lui sont soudés. Cette manière de voir n'est que le développement du fait général, que j'ai découvert il y a quelques années.

M. Nobili, partant de ce principe, que dans toute action chimique il y a dégagement de chaleur, et que la différence de température entre les deux portions d'un même métal ou de métal différent, plongeant dans un même liquide, suffit pour déterminer les effets électriques, a voulu établir que toutes les actions quelconques de ce genre dans quelques circonstances qu'on les considère, sont toujours dues à des différences de température. Pour l'instant, je me borne à énoncer la théorie de cet habile physicien sans chercher à en discuter le mérite.

J'ai voulu présenter un tableau rapide de l'état de la science, pour que l'on pût lier plus facilement les observations déjà connues avec celles qui sont rapportées dans ce Mémoire.

§ II. *De l'action réciproque des dissolutions salines ou des liquides différens les uns sur les autres.*

J'ai déjà avancé que lorsqu'un acide agit sur un métal, il devait y avoir des phénomènes électriques composés, en effet :

Quand un métal est attaqué par un acide ou un liquide quelconque, il y a dégagement de chaleur, puis formation d'un composé qui exerce une réaction non-seule-

ment sur ce métal, mais encore sur le liquide qui l'environne, et avec lequel il se mêle insensiblement. Voilà donc quatre causes, en y comprenant l'action chimique, qui peuvent avoir de l'influence sur les effets électriques, qui se manifestent; ainsi, jusqu'à ce que l'on connaisse en quoi consiste la part de chacune d'elles à ces effets, le développement de l'électricité dans l'action d'un acide sur un métal, devra être considéré comme un phénomène composé; mais comme l'action des dissolutions salines les unes sur les autres ou sur les acides, en est souvent une des causes prépondérantes, j'en ai parlé d'abord, non pour changer les résultats auxquels je suis parvenu, mais pour présenter des développemens nécessaires à la question que je traite.

Je me servirai du procédé que j'ai donné il y a quelques années pour observer les effets électriques qui ont lieu dans la combinaison d'un acide avec un alcali, l'un et l'autre à l'état liquide, lequel consiste à prendre quatre capsules que l'on range sur une même ligne : les deux capsules extrêmes en platine, et celles du milieu en porcelaine; à verser de l'acide nitrique dans les deux premières et la dernière, et une dissolution alcaline dans la troisième; puis à faire communiquer la $1^{re}$ et la $2^{e}$, la $3^{e}$ et la $4^{e}$ avec des tubes recourbés remplis d'eau, et la $2^{e}$ et la $3^{e}$ avec une mèche d'asbeste. Si, dans chacune des deux capsules extrêmes, on plonge une lame de platine communiquant avec l'un des bouts du fil qui forme le circuit d'un galvanomètre très-sensible, il y a aussitôt production d'un courant dont le sens indique que l'acide a pris à l'alcali l'électricité positive. Que se passe-t-il dans cette expérience? Aux

deux extrémités tout est semblable ; il y a action chimique entre l'acide de la 2me capsule et l'alcali qui est dans la troisième ; l'eau du tube qui sert à établir la communication de la 3me avec la 4me exerce deux actions différentes, l'une sur l'acide et l'autre sur l'alcali ; il y a donc en tout trois actions chimiques qui concourent au développement des effets électriques. Or, comme la première l'emporte sur les deux autres, j'en ai conclu que l'acide était positif et l'alcali négatif, résultat inverse de celui que donne le simple contact, quand il n'est pas accompagné d'une action chimique, comme l'a découvert M. Davy.

On peut supprimer les deux capsules en porcelaine, et placer les deux autres à un décimètre de distance, en les faisant toujours communiquer avec une mèche de coton imbibée d'eau, qui, en raison de sa longueur et de la différence de poids spécifique des deux liquides, s'opposera long-temps à leur réunion. Vers le milieu de cette mèche on verse doucement avec un tube une goutte de chacun des deux liquides dont on veut connaître la réaction électrique, au moment du contact. Le courant fait alors connaître et la nature et l'intensité de cette réaction. En soumettant à l'expérience différens liquides, on trouve les résultats suivans :

| | |
|---|---|
| L'acide nitrique est positif avec | l'acide hydrochlorique ; |
| | —— acétique ; |
| | —— nitreux ; |
| | les dissolutions alcalines ; |
| | les dissolutions de nitrates ; |
| | ———— de sulfates ; |
| | ———— d'hydrochlorates ; |
| | etc., etc., etc. |

L'acide nitrique est négatif avec { l'acide sulfurique ; l'acide phosphorique ; etc., etc. , etc.

L'acide phosphorique est positif avec { l'acide hydrochlorique ; l'acide sulfurique ; l'acide nitrique ; les dissolutions alcalines, salines ; etc. , etc. , etc.

Il est inutile de rapporter un plus grand nombre de résultats qui prouvent tous cette vérité , qu'en général , dans la combinaison de deux liquides , celui qui joue le rôle d'acide prend à l'autre électricité positive.

L'acide phosphorique est jusqu'à présent le plus électro-positif de tous les liquides. D'où peut provenir cette propriété ? c'est une question à laquelle on ne peut encore répondre.

Le contact de l'acide nitrique avec la dissolution de nitrate de cuivre, et en général celui d'un acide avec une de ses dissolutions , étant suivi d'une dissolution , on peut en conclure que ce genre d'action chimique sous le rapport des phénomènes électriques , est analogue à la combinaison ; car, dans l'un et l'autre cas , les substances acides sont positives. Ce rapprochement n'est pas sans intérêt pour l'électro-chimie.

### § III. *Des Effets électriques produits dans le contact des métaux et des dissolutions salines ou des acides.*

Les réactions des dissolutions entre elles et sur les acides , sont les causes qui influent souvent le plus sur les effets électriques que l'on observe pendant l'action chimique d'un acide sur un métal, surtout quand cette

action n'est pas énergique. Pour le prouver, je reprends une de mes anciennes expériences. Soient deux capsules *A* et *A'* remplies d'acide nitrique et communiquant avec une mèche d'amiante; si l'on plonge dans chacune d'elles l'un des bouts d'une lame d'or dont l'autre est fixée à l'une des extrémités d'un galvanomètre, et que l'on verse quelques gouttes d'une dissolution d'hydro-chlorate d'or dans la capsule *A*, proche la lame, l'aiguille aimantée finit par éprouver une déviation de 80°, dans un sens tel que le bout *A* devient négatif par rapport au liquide; mais si, au lieu de la dissolution, on verse quelques gouttes d'acide hydro-chlorique, l'or est attaqué aussitôt, il y a formation d'hydro-chlorate d'or et production d'effets électriques absolument semblables aux précédens, tant pour la direction que pour l'intensité; et, comme dans ces deux cas, il y a réaction de l'hydro-chlorate d'or sur l'acide nitrique, laquelle rend l'acide positif, on ne peut douter qu'elle ne prévale dans cette circonstance sur celle qui provient de l'action chimique de l'acide hydro-chloro-nitrique sur ce métal. Cette expérience montre combien il est difficile de constater positivement le dégagement de l'électricité, dans l'acte même de la combinaison d'un métal avec un acide, abstraction faite de la réaction de la dissolution qui se forme sur le liquide qui l'environne. Pour l'éviter, il faut opérer de la manière suivante :

On remplit deux capsules *A* et *A'* d'une dissolution de nitrate de cuivre, et l'on plonge dans chacune d'elles le bout d'une lame de cuivre parfaitement décapée, dont l'autre communique au galvanomètre; il ne se produit rien : mais si l'on ajoute une goutte d'acide nitrique ou

sulfurique, au liquide de la capsule *A*, le bout qui y plonge devient négatif. Dans ce cas, on a l'effet électrique qui résulte de l'action du métal sur l'acide; car celui de la réaction des dissolutions doit être nul. Cet effet est conforme au fait géneral.

L'étain et son sulfate, le fer et son hydro-chlorate, le plomb, l'antimoine et le bismuth avec leurs dissolutions respectives agissent de même que le cuivre par rapport à ses dissolutions, quand on ajoute quelques gouttes d'acide. Il en est encore de même du zinc, du fer et probablement du manganèse, avec les dissolutions de leurs nitrates respectifs.

Mais avec celles de leurs sulfates, les effets sont inverses, c'est à dire que le bout du métal qui plonge dans la capsule où l'on verse quelques gouttes d'acide sulfurique, devient positif, et cela, quelque petite que soit la quantité d'acide. Ce fait, particulier aux métaux qui décomposent l'eau, mérite d'être signalé à cause des erreurs où il peut entraîner dans l'électro-chimie.

§ IV. *Effets électriques produits par deux métaux différens, qui plongent dans un ou plusieurs liquides.*

Le cas le plus simple est celui où chaque métal plonge dans une capsule remplie du même liquide, la communication étant établie entre les deux capsules avec une mèche de coton ou d'amiante. Le couple voltaïque que je soumets à l'expérience est formé de deux lames cuivre et zinc, qui communiquent chacune avec l'un des bouts du fil d'un galvanomètre, et le liquide commun est une dissolution saturée de sulfate de zinc. A l'instant de l'immersion, le cuivre prend au liquide l'électricité posi-

tive et le zinc l'électricité négative; d'après la règle générale, le zinc doit être plus attaqué que le cuivre, ce qui a lieu effectivement. La déviation est alors de 62°; si l'on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique, ou de nitrate de cuivre dans la capsule où se trouve la lame de cuivre, là où était l'action chimique la moins forte, l'aiguille aimantée, au lieu de rétrograder, se porte à 86° et reste stationnaire pendant quelque temps. Ce résultat est encore conforme à ce que j'ai dit précédemment, puisque le nitrate de cuivre qui se forme est positif par rapport au sulfate de zinc; la même quantité d'acide, mise dans l'autre capsule, diminue sensiblement l'intensité du courant. Les acides sulfurique et hydro-chlorique agissent de même. Continuons toujours à prendre des dissolutions saturées de sels métalliques, qui n'éprouvent aucune décomposition de la part du métal qu'on y plonge. Versons en conséquence dans la capsule où se trouve la lame de cuivre, une dissolution saturée de nitrate de cuivre, et dans l'autre une dissolution saturée de sulfate de zinc, et opérons dans les mêmes circonstances que précédemment, pour que les résultats soient comparables. La déviation est alors de 88° et n'éprouve que lentement une diminution : l'accroissement d'effet est dû à l'action des dissolutions l'une sur l'autre, comme on peut le voir en se servant du procédé employé dans le paragraphe II : au surplus, l'action chimique de chaque métal sur la dissolution dans laquelle il se trouve est assez faible pour que l'on ne doive pas la regarder comme la cause unique du phénomène. Une addition d'acide nitrique à la dissolution du nitrate ne modifie pas l'inten-

sité du courant. Il en est de même d'une addition d'acide sulfurique dans l'autre capsule, quand la lame de zinc a été décapée préalablement. Voilà donc un *maximum* d'effet, qui indique que la réaction des deux dissolutions a eu la plus grande part à la production du courant.

C'est tellement là la cause principale du phénomène, que si l'on opère avec deux lames de cuivre ou de platine, les effets ont lieu dans le même sens, à l'intensité près, qui doit varier en raison de la difficulté plus ou moins grande qu'éprouve le fluide électrique à passer d'un liquide dans un métal. Cette difficulté est d'autant plus grande que le métal est moins attaqué par le liquide.

Considérons le cas où les deux capsules ne contiennent que de l'eau avec un $\frac{1}{10}$ d'acide sulfurique; l'aiguille aimantée éprouve, dans le même sens, une déviation de 84°, qui est due en partie à l'action de l'acide sur le zinc; une addition de sulfate de zinc du côté zinc, ne modifie pas le courant, tandis que quelques gouttes de nitrate de cuivre ou d'acide nitrique de l'autre côté l'augmentent d'une manière assez forte : ce dernier effet est dû à la réaction des liquides, car le nitrate de cuivre étant positif par rapport au sulfate de zinc, l'intensité du courant doit augmenter.

L'acide nitrique ajouté au coté zinc diminue la déviation de 84° à 80°; résultat qu'on aurait prévu, puisque le nitrate de zinc qui se forme est positif par rapport au sulfate.

Il résulte de tous ces faits, 1°, que, lorsque les deux bouts d'un couple cuivre et zinc plongent dans une

dissolution saturée de sulfate de zinc contenue dans deux capsules jointes ensemble par une mèche de coton, une petite quantité d'acide nitrique ou d'une dissolution de nitrate de cuivre versée dans la capsule cuivre augmente fortement l'intensité du courant, tandis que la même quantité d'acide, mise dans l'autre, la diminue ; 2° que, si le bout cuivre plonge dans une dissolution saturée de nitrate de cuivre, et le côté zinc dans une dissolution saturée de sulfate de zinc, l'intensité du courant atteint à peu près un maximum ; 3° que si le cuivre et le zinc plongent chacun dans une capsule qui renferme de l'eau avec $\frac{1}{50}$ d'acide sulfurique, une addition de sulfate de zinc au côté zinc ne change pas l'intensité du courant, tandis que quelques gouttes d'acide nitrique ou d'une dissolution de nitrate de cuivre du côté cuivre l'augmentent fortement.

Quand les deux bouts d'une lame de cuivre sont en contact, l'un avec une dissolution de nitrate de cuivre, et l'autre avec une dissolution de sel neutre, le bout qui est dans la première est positif par rapport à l'autre ; il acquiert par conséquent la même électricité que reçoit le nitrate de cuivre dans son contact avec le sel neutre. En remplaçant celui-ci par le sulfate de zinc, le résultat est encore le même, comme nous l'avons vu ci-dessus, parce que le nitrate de cuivre est positif par rapport au sulfate de zinc ; le plomb, l'étain, etc., se comportent de même. L'action électrique des liquides les uns sur les autres est donc ici prépondérante.

Les métaux qui décomposent l'eau, c'est-à-dire le zinc, le fer et probablement le manganèse, relativement à leurs sulfates respectifs et à une dissolution de

sel neutre, donnent des résultats inverses des précédens, c'est-à-dire que la partie qui plonge dans la dissolution du sulfate, est négative par rapport à cette dissolution. Dans ce cas, les effets électriques dus à l'action chimique qui a lieu de ce côté, l'emportent sur les autres et déterminent le sens du courant. La distinction que j'établis entre les métaux peu oxidables et ceux qui décomposent l'eau, devait être signalée ici, en raison des phénomènes dont je parlerai dans la seconde partie de ce Mémoire. On voit donc qu'en faisant abstraction des actions électro-motrices des métaux, et n'ayant égard qu'aux effets électro-chimiques, on explique tous les phénomènes.

§ VI. *Application des principes précédens à la détermination des effets produits dans la pile de Volta par l'action chimique des liquides.*

Jusqu'à présent les physiciens qui ont cherché à analyser les effets de la pile, se sont bornés à plonger chaque couple dans un mélange d'eau, d'acide sulfurique et d'acide nitrique, en diverses proportions, sans chercher à analyser l'action individuelle de chaque liquide sur le cuivre et le zinc. La science n'était pas assez avancée pour qu'on pût se livrer à des recherches de ce genre. Il fallait quelques principes généraux qui missent sur la voie pour faire des tentatives. Les faits qui ont été exposés dans les paragraphes précédens et les détails qui les accompagnent, montrent qu'il n'est pas indifférent d'employer l'action de tel ou tel acide sur le cuivre ou le zinc, puisqu'il en résulte des effets qui augmentent ou diminuent l'intensité du courant. Je me servirai de

ces mêmes faits pour étudier l'influence de l'action réciproque des liquides et de celle de leurs dissolutions, sur la charge de la pile ; et j'opérerai d'abord sur un élément, en n'ayant égard pour l'instant qu'aux effets électro-magnétiques, me réservant d'examiner dans un autre Mémoire les phénomènes de décompositions.

On prend un petite boîte en verre *A A'*, dans l'intérieure de laquelle on place deux diaphragmes en baudruche *D D'*, *C C'*, pour former trois cases ; ces diaphragmes sont appliqués sur les parois avec tout le soin possible, afin que la communication d'une case à l'autre n'ait lieu que par l'intermédiaire de la baudruche qui n'est là que pour retarder le mélange ou la combinaison des liquides contenus dans chacune des cases. A la rigueur on aurait pu ne mettre qu'un diaphragme ; mais l'expérience m'a prouvé que les deux étaient nécessaires, surtout quand l'observation durait quelque temps. Le fond de cette boîte est ouverte seulement dans la partie située entre les deux diaphragmes ; il résulte de cette précaution qu'en plongeant l'appareil dans un vase qui renferme un liquide conducteur, les liquides contenus dans chacune des cases extrêmes ne se mêlent que difficilement. On peut, si l'on veut, fermer cette ouverture, et mettre dans la case du milieu un des liquides contenus dans l'une des deux autres.

Je considère d'abord le cas où les trois cases ne contiennent que de l'eau avec un cinquantième d'acide sulfurique, et je plonge une lame de cuivre et une autre de zinc, chacune dans une des cases extrêmes, en faisant communiquer les deux lames par un fil de cuivre. On obtient les résultats suivans :

N° 1.

| Liquide contenu dans la case cuivre. | Liquide contenu dans la case zinc. | Durée de l'immersion. | Déviations de l'aiguille aimantée. |
|---|---|---|---|
| Eau et $\frac{1}{10}$ d'acide sulfurique. | *Idem.* | 0<br>15 min.<br>30 | 63°<br>53<br>46 |

Je recommence l'expérience après avoir changé les liquides et nettoyé les lames; la déviation est encore, dans le premier moment, de 63°; mais si l'on ajoute quelque gouttes d'acide nitrique dans la case cuivre, les effets changent; le courant augmente d'intensité.

N° 2.

| Liquide contenu dans la case cuivre. | Liquide contenu dans la case zinc. | Durée de l'immersion. | Déviations de l'aiguille aimantée. |
|---|---|---|---|
| Eau et $\frac{1}{50}$ d'acide sulfurique, plus $\frac{1}{50}$ d'acide nitrique. | Eau et $\frac{1}{50}$ d'acide sulfurique. | 0<br>15 min.<br>30 min. | 81°<br>73<br>65 |

En substituant dans le tableau n° 2 du nitrate de cuivre à l'acide nitrique, les résultats sont sensiblement les mêmes.

En supprimant l'acide sulfurique et n'ajoutant que de l'acide nitrique dans les deux cases, on trouve:

N° 3.

| Liquide contenu dans la case cuivre. | Liquide contenu dans la case zinc. | Durée de l'immersion. | Déviations de l'aiguille aimantée. |
|---|---|---|---|
| Eau et $\frac{1}{50}$ d'acide nitrique. | Eau et $\frac{1}{50}$ d'acide nitrique. | 0<br>15 min.<br>30 min. | 81°<br>71<br>67 |

L'acide hydro-chlorique, substitué à l'acide nitrique et employé en même quantité, produit à peu près les mêmes effets.

Quand la case cuivre renferme une dissolution saturée de nitrate de cuivre, et la case zinc une dissolution saturée de sulfate de zinc, on a,

N° 4.

| Liquide contenu dans la case cuivre. | Liquide contenu dans la case zinc. | Durée de l'immersion. | Déviations de l'aiguille aimantée. |
|---|---|---|---|
| Dissolution saturée de nitrate de cuivre. | Dissolution saturée de sulfate de zinc. | 0<br>15 min.<br>30 min. | 84°<br>72<br>68 |

Enfin j'examine le cas où l'on met de l'acide nitrique dans la case zinc :

N° 5.

| Liquide contenu dans la case cuivre. | Liquide contenu dans la case zinc. | Durée de l'immersion. | Déviations de l'aiguille aimantée. |
|---|---|---|---|
| Eau, $\frac{1}{50}$ d'acide sulfurique. | Eau, $\frac{1}{50}$ d'acide sulfurique et $\frac{1}{50}$ d'acide nitrique. | 0<br>15 min.<br>30 min. | 62°<br>64<br>61 |

Quoique je ne rapporte pas les intensités des courans qui correspondent aux déviations de l'aiguille aimantée, on en peut tirer néanmoins des conséquences importantes pour la théorie de la pile.

Le *maximum* d'intensité s'obtient sensiblement, comme je l'ai déjà montré, quand le cuivre plonge dans une dissolution de nitrate de cuivre, et le zinc dans une dissolution de sulfate de zinc. La diminution de cette intensité suit à peu près la même loi que celle rapportée dans les tableaux n$^{os}$ 2 et 3. Les résultats du n° 5 sont ceux qui offrent le moins de variations. On peut, avec certaines précautions, les rendre croissans pendant une demi-heure; il faut pour cela ne mettre qu'un diaphragme dans la caisse, ou rapprocher tellement les deux, que l'acide nitrique de la case zinc puisse passer lentement dans la case cuivre, où son action augmente l'intensité du courant, et compense par là l'affaiblissement qu'il éprouve d'un autre côté. Il m'est arrivé plusieurs fois d'obtenir une compensation telle que les déviations de l'aiguille aimantée étaient constantes pendant une heure, avantage que l'on n'a jamais avec les piles ordinaires.

Je dois faire observer en outre que la pile porte avec elle la cause des diminutions qu'éprouve continuellement l'intensité du courant électrique; car, dès l'instant qu'elle fonctionne, il s'opère des décompositions et des transports de substances qui polarisent les plaques de manière à produire des courans en sens inverse du premier; l'art consiste donc à dissoudre les dépôts, à mesure qu'ils se forment, avec des liquides convenablement placés. On y parvient à l'aide du procédé que j'ai décrit; ainsi, dans l'expérience n° 5, l'acide sulfurique qui est dans la case cuivre est employé en partie à dissoudre une portion du zinc qui est transporté sur la plaque cuivre; de même l'acide nitrique

qui se trouve dans l'autre case, s'empare d'une partie du cuivre de la dissolution qui a traversé les deux diaphragmes, et est réduit par le zinc. En diminuant par ce moyen l'intensité du courant secondaire, on arrive à des effets sensiblement constans.

Pour compléter l'analyse des effets produits dans un couple voltaïque par l'influence des actions électro-chimiques, il était nécessaire de déterminer à quel point ces actions cessaient d'agir pour augmenter l'intensité du courant, c'est ce que j'ai fait de la manière suivante. L'expérience étant disposée comme dans le n° 1, et la déviation se trouvant de 53°, on ajoute peu à peu de l'acide sulfurique dans la case zinc, la déviation augmente successivement jusqu'à 68°, qui est son *maximum*; un nouvel excès d'acide ne la fait pas changer. Quelques gouttes d'acide nitrique dans la case cuivre porte l'aiguille aimantée à 80°. Je crois avoir rapporté assez de faits pour démontrer l'influence de l'action individuelle de chaque liquide sur ces deux lames du couple voltaïque pour modifier l'intensité du courant.

J'ai cherché ensuite si les rapports précédens, obtenus avec un seul couple, étaient encore les mêmes quand on en réunissait plusieurs de manière à former une pile; les résultats ont été absolument semblables, et je crois inutile de les rapporter.

Une pile construite suivant les principes que je viens de faire connaître, c'est-à-dire, dans laquelle chaque métal plonge dans une case particulière qui renferme un liquide convenable; cette pile, dis-je, réunit toutes les conditions les plus favorables, puisqu'on évite les causes qui peuvent nuire aux effets électriques; mais

elle est d'une exécution difficile en raison de l'introduction des diaphragmes en baudruche, qui cependant résistent long-temps à l'action des acides quand ils sont étendus d'eau. Cette membrane est si mince que, bien que le tissu en soit serré, l'intensité du courant ne diminue pas sensiblement par son interposition entre les lames d'un couple.

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### *Emploi des effets électro-chimiques pour produire des combinaisons.*

#### § I. *Exposé des moyens propres à faciliter les combinaisons.*

Dans un Mémoire communiqué à l'Académie, le 21 août 1827, j'ai fait connaître comment on pouvait opérer des décompositions avec des forces électriques moindres que celles qui proviennent du contact de deux métaux. M. Bucholz s'est occupé le premier de ce genre de recherches. Il a montré qu'en versant dans un verre cylindrique une dissolution métallique de cuivre, par exemple, versant dessus avec la plus grande précaution de l'eau distillée ou de l'eau acidulée, de manière que les liqueurs soient séparées, et plongeant ensuite dedans une lame de cuivre, au bout de quelques heures la lame est recouverte d'un précipité de cuivre à l'état métallique. Il a conclu de là que les métaux peuvent former avec leurs propres dissolutions et l'eau ou une dissolution saline, des chaînes électriques dont l'action précipite le métal.

Ce fait s'explique aisément d'après les principes que j'ai établis précédemment ; en effet, les dissolutions métalliques sont positives par rapport à l'eau ; le bout de la lame de métal qui plonge dans les premières doit être le pôle négatif d'une pile, et il est tout simple que le métal se précipite dessus, si la tension électrique est assez grande. Bucholz pensait que toutes les dissolutions métalliques jouissaient de la même propriété ; mais il n'en est pas ainsi ; car le zinc, le fer et le manganèse avec une dissolution de leurs sulfates respectifs et de l'eau, donnent des effets électriques contraires à la loi générale, comme je l'ai prouvé précédemment. Il résulte de là que le bout plongé dans la dissolution métallique devenant le pôle positif, on a une oxidation du métal au lieu d'un précipité métallique ; cet effet est, pour ainsi dire, instantané ; ce résultat est une conséquence de la théorie : j'ai prouvé dans le même Mémoire qu'on arrivait au même but avec un courant thermo-électrique, en ayant l'attention de faire concourir la force de cohésion avec celle du courant pour provoquer la précipitation du métal ; laquelle force est plus grande entre les molécules simillaires qu'entre celles qui ne le sont pas.

Dans un autre Mémoire lu à l'académie, le 28 février 1828, j'ai indiqué deux procédés très-simples, à l'aide desquels on peut former un grand nombre de combinaisons en employant les effets électriques produits dans le contact des liquides. Le premier consiste à prendre un tube recourbé en U, au fond duquel on place un tampon d'amiante, pour empêcher le mélange des liquides contenus dans chaque branche. Dans l'une, on

verse une dissolution de sulfate ou de nitrate de cuivre, et dans l'autre tube une dissolution d'hydrochlorate de soude, par exemple ; l'on établit la communication des deux liquides avec une lame de cuivre. Le bout qui est plongé dans la dissolution métallique, étant le pôle négatif, se recouvre peu à peu de cuivre, tandis qu'à l'autre bout il se forme un double chlorure de cuivre et de sodium qui cristallise en tétraèdres. En changeant les liquides, on obtient d'autres produits.

Le second procédé est plus simple que le précédent, en ce qu'il évite l'emploi de deux liquides différens. On prend un tube fermé à une de ses extrémités; l'on met dedans un oxide, un liquide et une lame de métal qui touche l'un et l'autre : il résulte de ces divers contacts une résultante d'effets électriques, qui détermine ordinairement la formation d'un composé. Je dis ordinairement, car il faut pour cela que l'oxide, le liquide et le métal se trouvent dans des circonstances convenables pour que le courant électrique fasse naître des affinités. J'aurai occasion bientôt de revenir sur cette question, qui est très-importante pour la théorie électro-chimique.

Quoique j'aie donné, dans les deux Mémoires que je viens de citer, quelques développemens sur les causes qui déterminent la formation des composés, je manquais alors de principes sûrs pour analyser les phénomènes et poser quelques lois ; depuis j'ai multiplié les expériences, et les résultats généraux auxquels j'ai été conduit jetteront, je crois, un grand jour sur cette classe intéressante de phénomènes.

La première méthode pour opérer la combinaison des

corps repose sur l'action des liquides les uns sur les autres. Il fallait donc trouver un moyen de retarder autant que possible leur mélange. Je ne tardai pas à voir que le tampon d'amiante, au fond du tube recourbé en U, était insuffisant. Il me vint à l'idée que dans la terre il était possible que deux liquides différens, séparés par une couche d'argile ou une autre couche perméable à ces liquides et traversée par une substance métallique, fussent la cause de nombreux phénomènes chimiques. Pour réaliser cette idée, je mis au fond du tube du sable très-fin, traité préalablement par l'acide hydrochlorique pour en dissoudre le fer, ou mieux encore de l'argile. Cet essai me réussit, et j'eus la satisfaction de voir qu'une colonne de quatre à cinq centimètres de hauteur de sable imprégné d'eau s'opposait au déplacement des liquides, en raison du frottement, et que le mélange ne s'effectuait qu'au bout d'un temps assez considérable, surtout quand les grains de sable étaient suffisamment fins. L'expérience suivante peut donner une idée de la lenteur avec laquelle le déplacement de l'eau s'opère.

On prend un tube courbé en U, de 3 décimètres de hauteur et de 4 millimètres de diamètre; on le remplit à moitié de sable humide, et l'on verse dans une des branches une infusion de tournesol, et dans l'autre de l'acide sulfurique; plus de trois semaines se passent sans que l'on aperçoive la moindre altération dans la couleur du tournesol. L'élévation de l'eau dans les tubes remplis de sable de différens degrés de finesse, présente des phénomènes qui méritent d'être étudiés,

et dont l'application est immédiate pour l'électro-chimie.

Quand on remplit de sable un tube de verre fermé par l'une de ses extrémités avec de la baudruche, et qu'on le plonge, par cette extrémité, dans un vase qui contient une petite quantité d'eau, l'action capillaire élève l'eau à une hauteur qui dépend de la dimension ou de la distance des grains de sable et de la durée de l'immersion. C'est donc une fonction à deux variables. En général, plus les grains sont gros, moins l'élévation du liquide est grande, et plus il faut de temps pour qu'elle parvienne à une certaine hauteur.

On évite de tasser le sable autrement que par son propre poids.

Les combinaisons électro-chimiques reposent sur un fait que j'ai déjà eu l'honneur de communiquer à l'Académie, lequel consiste dans la propriété dont jouit l'oxigène, de se transporter plus facilement au pôle positif, dans les piles à très-faible tension, que les acides qui restent pendant quelque temps dans la branche où s'est opéré la décomposition du sel métallique.

### § II. *Du carbone, et de son emploi électro-chimique.*

D'après le plan que j'ai tracé dans l'introduction, je dois donner le plus d'extension possible à mes recherches. Il est donc convenable d'étudier d'abord les propriétés électriques du carbone, l'un des corps le plus répandus dans les trois règnes, et qui y joue sans doute un grand rôle.

Sous le nom d'*anthracite*, il se trouve dans les terrains anciens, où il n'existe aucune trace d'être organisé, et dans les formations secondaires, comme l'a observé M. Héricart de Thury, où il sert de base aux houilles. Le diamant qui se trouve dans les terrains d'alluvion et dont le gisement est inconnu, en est uniquement formé; dans les terrains tertiaires, il constitue les lignites, les tourbes. Enfin, le carbone est la partie constituante des végétaux et du tissu des animaux. L'importance de ce corps dans les phénomènes électro-chimiques est donc incontestable, surtout si l'on veut en faire des applications à la chimie animale et végétale.

Comme les réactions électriques paraissent être la conséquence d'une action chimique, je vais rappeler en peu de mots les propriétés du carbone. Ce corps est bon conducteur de l'électricité, excepté dans le diamant; il jouit au plus haut degré de la propriété d'absorber les gaz. A la température ordinaire, il n'éprouve aucune altération de la part de l'air et de l'eau.

Le carbone décompose l'acide sulfurique à une température au-dessus de 100°, et probablement au-dessous; mais d'une manière lente. L'acide nitrique est décomposé par le carbone à la température ordinaire.

L'hydrogène et le carbone se combinent en diverses proportions lorsque ces deux corps se trouvent à l'état naissant. Aussi toutes les substances animales et végétales en décomposition laissent-elles dégager du gaz hydrogène carboné. Ces propriétés, et surtout la dernière, sont d'une grande importance; car, lorsqu'il s'agit d'enlever un élément à un composé au moyen

de l'électricité, si cet élément peut se combiner avec un des agens employés à la développer, cette circonstance influe beaucoup sur la décomposition et la détermine souvent. J'ai étudié les propriétés électriques du carbone sur l'anthracite qui en renferme 97 pour cent, et que l'on peut regarder par conséquent comme du carbone à-peu-près pur, et sur du charbon ordinaire.

Plongé dans un acide avec un métal auquel il est joint, il en résulte un courant dont le sens et l'intensité dépendent des actions chimiques exercées par le liquide sur le carbone et le métal. Voilà encore un phénomène composé qu'on ne peut analyser que dans quelques cas particuliers. Je fixe un morceau de carbone à l'un des bouts d'un fil de platine, dont l autre plonge dans de l'acide nitrique; il y a alors courant, le carbone prend à l'acide l'électricité négative. Avec l'acide hydrochlorique et l'acide sulfurique, l'effet est contraire; toutes les dissolutions acides qui proviennent des deux derniers se comportent de même.

Un couple carbone et cuivre, plongé dans l'acide hydrochlorique, détermine un courant tel, que le premier prend au liquide l'électricité positive. Un couple carbone et argent donne le même résultat. On déduit de là un procédé simple pour former divers chlorures : dans un tube de verre, fermé par un bout, on verse de l'acide hydro-chlorique concentré, et l'on plonge dedans une lame d'argent fixée avec un fil de même métal à un morceau d'anthracite ou de charbon, que je désignerai dorénavant sous la dénomination de *carbone*; puis l'on ferme le tube, en laissant seulement une très-petite ouverture, pour donner issue au gaz qui se dégage pendant la

réaction des corps. Voici ce qui se passe : l'argent, d'après ce que ce que j'ai rapporté dans l'article précédent, étant le pôle positif d'une pile, attire le chlore, et se combine avec lui, tandis que l'hydrogène se porte sur le carbone, avec lequel il forme une combinaison de gaz hydrogène et de carbone, qui se dégage ; quand le tube n'a pas d'ouverture, la tension qu'acquiert le gaz ne tarde pas à le faire éclater. La combinaison du chlore avec l'argent cristallise en octaèdres comme celle que l'on trouve dans la nature. Les cristaux prennent un accroissement lent ; j'en ai obtenu d'un millimètre de côté. Leur limpidité est parfaite ; ils jouissent de toutes les propriétés du chlorure d'argent, comme je l'ai vérifié. Si l'on substitue une lame de cuivre à la lame d'argent, et que le tube soit fermé hermétiquement, la réaction électrique ne tarde pas à déterminer le jeu des affinités ; l'acide hydrochlorique est décomposé, et il y a dégagement d'hydrogène carboné, qui brise le tube ; après six mois, un an d'expérience, la lame se recouvre de beaux cristaux tétraèdres de proto-chlorure de cuivre, qui, avec le contact de l'air ou de l'eau, se changent en deuto-chlorure ; mais si l'on continue l'expérience sans le contact de l'air, la liqueur change de couleur, devient brune, claire, ensuite foncée, et les cristaux ne sont plus visibles. Le carbone est fortement attaqué, et détermine une combinaison que je n'ai pas encore analysée. Les cristaux, qui ont souvent 2 millimètres de côté, sont d'une grande limpidité.

Ces deux exemples suffisent pour montrer quel parti on peut tirer du carbone dans les phénomènes électro-

chimiques, pour provoquer certaines combinaisons. Son action sur l'hydrogène est telle que je ne doute pas qu'on ne s'en serve avec avantage dans l'électro-chimie organique.

§ III. *Des doubles chlorures, doubles iodures, doubles bromures, doubles sulfures, doubles cyanures.*

M. Bonsdorff est le premier chimiste qui se soit occupé de recherches sur la combinaison de certains chlorures (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXXIV, p. 142), en employant les moyens ordinaires de la chimie. Il a trouvé que le deuto-chlorure de mercure forme des combinaisons neutres avec les chlorures des métaux qui sont regardés comme électro-positifs; que toutes ces combinaisons sont très-solubles dans l'eau et quelques-unes déliquescentes; que les chlorures des métaux électro-négatifs jouissent de propriétés semblables; à part cependant celle relative à la solubilité, qui est nulle dans quelques-uns des composés.

On prend un tube recourbé en U, rempli, dans sa partie inférieure, de sable imprégné d'eau, ou mieux encore d'argile très-pure; l'on met dans une des branches du nitrate de cuivre et du deutoxide de cuivre; dans l'autre, une dissolution de l'hydrochlorate que l'on veut soumettre à l'expérience; puis l'on plonge dans chacune d'elles le bout d'une lame de cuivre, et l'on ferme toutes les ouvertures avec du mastic. Bientôt le bout plongé dans la dissolution du nitrate, et qui est le pôle négatif, se recouvre de cuivre à l'état métallique; l'acide nitrique est mis à nu, et reste en partie

dans la branche du tube, où il contribue, comme on le verra, à la formation d'un sel.

Dans l'autre tube, la lame de cuivre s'oxide rapidement, condition indispensable pour que le chlorure de sodium soit décomposé. Une portion du chlore se porte sur le cuivre oxidé qui est à l'état positif, forme un oxichlorure qui se combine avec le chlorure de sodium. Peu à peu cette combinaison cristallise sur la lame en jolis cristaux tétraèdres; mais, pour en avoir de 2 à 3 millimètres de grosseur, il faut attendre au moins une année. Le succès de l'expérience dépend de l'obstacle que l'on oppose au mélange des liquides contenus dans les tubes, sans nuire au transport de l'oxigène vers le pôle positif.

J'ai dit que cette combinaison ne s'opère qu'autant que le bout qui est dans la dissolution de sel marin s'oxide; car elle n'a pas lieu quand on emploie un courant électrique plus intense que le premier, et qui n'est pas accompagné de la réduction d'un métal. Le meilleur moyen d'oxider un métal, dans les recherches électrochimiques, est de disposer les appareils pour s'emparer facilement de l'oxigène provenant de la réduction du métal.

Ce double chlorure éprouve des changemens singuliers dans sa couleur, comme je l'ai déjà fait remarquer dans le Mémoire cité plus haut. Privé du contact de l'air, il est inaltérable; mais, dès l'instant qu'il touche l'eau, il se décompose; le chlorure de sodium se dissout, et l'oxi-chlorure se précipite. Il était essentiel d'analyser ce dernier produit pour en connaître la nature; je l'ai fait de la manière suivante : J'ai pris 2 grammes de

ce précipité ; après l'avoir bien lavé, je l'ai traité à chaud par une dissolution de sous-carbonate de soude. Le précipité, lavé et séché, m'a donné 2 grammes de carbonate de cuivre, dans lesquels il existe 1,70 d'oxide de cuivre et 0g,4 d'acide carbonique ; par conséquent l'oxi-chlorure renferme 1,70 d'oxide de cuivre, et 0,40 d'acide hydrochlorique ; ce qui représente sensiblement 2 at. d'oxide de cuivre et 1 at. d'acide hydrochlorique. J'ai saturé ensuite la dissolution par de l'acide sulfurique, puis j'ai fait cristalliser ; le muriate de soude a constaté la présence du chlore dans la substance soumise à l'expérience qui se trouve être un oxi-chlorure.

Les hydrochlorates d'ammoniaque, de chaux, de potasse, de baryte, de strontiane, de magnésie, donnent avec le cuivre des produits analogues, et qui cristallisent de même en tétraèdres réguliers ; ils sont donc tous isomorphes.

L'argent avec les mêmes hydrochlorates, ainsi que le plomb, donnent également des combinaisons isomorphes semblables aux précédentes. Ce sont précisément les hydrochlorates alkalins ou terreux dont la composition chimique est la même, qui donnent ces produits. Effectivement les hydrochlorates de soude, de potasse, de baryte, de strontiane, de magnésie, de chaux, sont formés de 2 atomes d'acide et de 1 atome de base, lequel atome lui-même est formé de 1 atome de métal et de 2 d'oxigène. Le double chlorure de potassium et d'étain cristallise en aiguilles prismatiques ; aussi le chlorure d'étain n'a pas la même composition chimique que les chlorures terreux ou alcalins. Ce fait est une vérification de la loi observée par M. Mitscherlich sur les

combinaisons doubles qui prennent des formes semblables.

Je dois mentionner ici une observation relative aux changemens qui s'opèrent quelquefois dans la cristallisation : dans les premiers temps le cristal est complet ; mais, quand l'appareil fonctionne depuis long-temps, il se forme peu à peu des troncatures sur les angles ; il semblerait que, lorsque la matière cristallisante est moins abondante, la force n'a plus assez d'énergie pour compléter le cristal. J'ai eu occasion de faire la même remarque dans plusieurs cristallisations de produits formés à l'aide de forces électriques très-faibles.

En se servant du même appareil, on peut former les doubles iodures, les doubles bromures, etc. Je crois inutile d'entrer dans d'autres détails sur ces composés, mon but étant seulement de faire connaître les principes généraux à l'aide desquels on peut opérer les doubles combinaisons.

### § IV. *Des oxides métalliques, et des moyens de les obtenir cristallisés.*

J'ai déjà fait connaître la méthode à suivre pour faire cristalliser le protoxide de cuivre ; mais, faute de données suffisantes, il m'a été impossible de présenter une théorie complette de ce qui se passe dans l'opération ; je puis le faire maintenant à l'aide des phénomènes exposés dans la première partie de ce Mémoire.

Pour obtenir des cristaux de protoxide de cuivre, on prend un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités et au fond duquel on met du deutoxide de cuivre ; on

remplit ce tube d'une dissolution de nitrate de cuivre saturé, puis l'on y plonge une lame de cuivre, qui touche aussi le deutoxide, et l'on ferme le tube hermétiquement. Au bout d'une dixaine de jours on aperçoit sur la lame de cuivre de petits cristaux cubiques d'un brillant métallique. Pour découvrir les phénomènes électriques qui les produisent, il faut prendre deux capsules de porcelaine remplies d'une dissolution de nitrate de cuivre et communiquant ensemble avec une mèche de coton; puis plonger dans chacune d'elles le bout d'une lame de cuivre, dont l'autre est fixée à l'une des extrémités du fil d'un excellent galvanomètre. Tout étant semblable de part et d'autre, il ne se manifeste aucun courant; mais, si l'on répand du deutoxide de cuivre sur la partie de l'une des lames qui plongent dans la dissolution, peu après il y a production d'un courant, dont le sens indique que la lame en contact avec le deutoxide a pris l'électricité négative; il suit de là que la lame, qui est dans l'autre capsule, est le pôle négatif de la petite pile qui opère la décomposition du nitrate de cuivre; or, dans le tube, il se passe un effet absolument semblable; la partie de la lame qui est en contact avec le deutoxide est le pôle positif, tandis que l'autre est le pôle négatif. Je reviendrai dans l'instant sur la cause qui donne naissance à cette pile. L'existence de celle-ci étant constatée, la portion de la lame de cuivre qui n'est pas en contact avec le deutoxide doit attirer le cuivre à l'état métallique ou ses oxides suivant la force du courant : il est donc tout naturel que le protoxide de cuivre s'y porte, si le courant a une énergie convenable, il cristallise, parce que l'action électrique étant

très-lente et par suite l'action chimique, les molécules ont le temps de s'arranger suivant les lois de la cristallisation, bien que le corps soit insoluble, avantage que l'on n'obtient pas quand les forces chimiques ont une certaine intensité.

Suivant la quantité plus ou moins grande de deutoxide de cuivre renfermé dans le tube, il s'y passe des phénomènes différens. Je suppose qu'il y en ait un grand excès; il y a d'abord production et cristallisation de protoxide; la dissolution se décolore peu à peu, devient ensuite incolore; et l'on aperçoit sur les parois intérieures du tube des cristaux de nitrate d'ammoniaque; la liqueur ne renferme plus qu'une dissolution saturée de ce sel et quelques traces de cuivre; il s'écoule quelquefois six mois et plus avant d'obtenir ce dernier résultat, qui dépend de la quantité de deutoxide employée. Tout ceci se passe sans le contact de l'air, car le tube est fermé hermétiquement; l'ammoniaque a dû être formée aux dépens de l'hydrogène de l'eau et de l'azote de l'acide nitrique.

Quand la quantité de deutoxide est très-faible, voici ce qui arrive : les cristaux de protoxide se forment également sur la lame de cuivre; mais peu à peu ils perdent de leur éclat, et finissent par éprouver une altération qui s'arrête à un certain point; la dissolution reste toujours colorée. L'expérience est alors terminée et le temps n'apporte plus aucun changement dans la dissolution.

Pour expliquer les faits que je viens d'exposer et remonter à la cause des phénomènes électriques qui les ont produits, j'ai dû faire l'analyse des cristaux cubiques

et celle de la substance qui remplace le deutoxide du même métal. Le changement qu'éprouve le deutoxide peut seul nous éclairer sur l'origine des effets électriques.

Ces cristaux jouissent des propriétés suivantes : leur poussière est rouge ; elle se dissout dans l'ammoniaque sans le colorer ; il en est de même dans l'acide hydrochlorique. Cette dernière dissolution est troublée par l'eau. Ces caractères conviennent tous au protoxide de cuivre.

*Analyse de la substance qui remplace le deutoxide de cuivre.*

J'ai pris deux grammes de cette substance ; après les avoir bien lavés et séchés, je les ai traités à chaud par une dissolution de sous-carbonate de potasse. La liqueur filtrée a été saturée peu à peu par l'acide sulfurique, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de réactions alkalines. J'ai rapproché la dissolution par l'évaporation et j'ai fait cristalliser. J'ai obtenu $1^{g},0$ de nitrate de potasse plus des eaux mères que j'ai négligées.

Le sel insoluble qui est resté sur le filtre était du carbonate de cuivre, lequel, séché et pesé, m'a donné $1^{g},6$.

Or, $1^{gramme}$ de nitrate de potasse, en admettant que l'atome de ce sel renferme deux atomes d'acide et un atome de base, contient $0^{g},5$ d'acide et 0,5 de potasse.

De même le carbonate de cuivre, étant formé d'un atome de deutoxide de cuivre et d'un atome d'acide carbonique, donnera 1,2 d'oxide et 0,4 d'acide carbonique.

Il suit de là que la substance qui a été soumise à l'analyse est un sous-nitrate dont la composition est :

| | | Résultat calculé. |
|---|---|---|
| | gram. | |
| 2 atomes d'acide nitrique......... | 0,5 | 0,62 |
| 3 atomes de deutoxide de cuivre... | 1,2 | 1,37 |

On voit, d'après cette analyse, que le deutoxide de cuivre est devenu du sous-nitrate de cuivre ; ce résultat nous met à même d'expliquer les effets électriques qui donnent naissance au protoxide de cuivre et aux autres produits qui l'accompagnent.

Le tube de verre, qui est fermé hermétiquement, renferme du deutoxide de cuivre, une dissolution saturée de nitrate de cuivre et une lame de cuivre en contact avec l'un et l'autre. Le deutoxide s'emparant d'une portion de l'acide du nitrate, il s'ensuit que la partie de la lame qui touche le deutoxide se trouve en contact avec de la dissolution de nitrate de cuivre, qui est moins saturée que celle dans laquelle plonge le bout supérieur. Il doit résulter de là, d'après les principes que j'ai exposés précédemment, que la lame se trouve placée convenablement pour déterminer un courant. Le bout supérieur est le pôle négatif, tandis que celui du bas est le pôle positif. Le premier doit attirer par conséquent le cuivre ou ses oxides, et le second l'acide ; c'est précisément ce qui arrive. On voit donc qu'il est tout simple que le protoxide de cuivre se forme sur la partie supérieure de la lame. L'action de cette pile doit être excessivement faible d'abord, attendu que le deutoxide, étant anhydre, agit difficilement sur l'acide du nitrate ; la différence entre ces deux liquides se trouve alors très-petite ; mais avec le temps le nitrate perdant peu à peu son acide, qui n'est remplacé que difficilement par celui de la partie

supérieure, il s'ensuit que la différence entre le degré de concentration des deux dissolutions augmente. L'action chimique de la pile doit suivre le même rapport; aussi à la fin de l'opération aperçoit-on des cristaux de cuivre, surtout dans la partie supérieure. Comme cette marche est graduelle, on doit obtenir cristallisées toutes les bases, depuis le protoxide jusqu'au métal, excepté celles qui peuvent réagir sur le nitrate de cuivre.

L'expérience prouve que pendant ces diverses actions il ne se dégage aucun gaz; il suffit pour cela de ne pas fermer le tube et de le recouvrir d'un autre rempli également d'une dissolution de nitrate de cuivre; quelle que soit la durée de l'expérience, il ne se porte aucun gaz dans la partie supérieure: ainsi le dégagement est nul. Il paraît que l'oxigène qui provient de la réduction du deutoxide en protoxide, se porte sur la partie inférieure de la lame, qui est le pôle positif, afin de l'oxider, pour qu'il puisse se combiner avec l'acide qui y est attiré aussi, en raison de l'action électrique; mais comme il y a formation d'ammoniaque, il faut qu'une portion de l'eau et de l'acide soit décomposée afin de compléter la quantité d'oxigène nécessaire à l'oxidation du cuivre qui se combine avec l'acide : les décompositions se font dans des proportions telles que les élémens qui en proviennent sont tous employés à former de nouveaux composés. Ainsi le cuivre ne décompose que les quantités d'eau et d'acide nécessaires pour que l'hydrogène et l'azote soient dans des rapports voulus pour former de l'ammoniaque.

Le deutoxide, par son action sur la dissolution du nitrate, est tellement la cause du courant électrique qui

s'établit dans le système, que l'on peut produire le même effet, en mettant les choses dans le même état où elles sont après cette action. On prend deux capsules de porcelaine dont l'une est remplie d'une dissolution saturée de nitrate de cuivre, et l'autre de la même dissolution étendue d'eau, la communication est établie entre elles avec une mèche de coton. On plonge dans chacune le bout d'une lame de cuivre. Cet appareil revient à celui du tube, quand le deutoxide de cuivre a commencé à s'emparer d'une partie de l'acide du nitrate, puisque dans l'un et l'autre cas, les deux bouts de la lame sont plongés dans deux dissolutions de nitrate de cuivre à différens degrés de concentration; or, comme dans ces deux cas les effets électriques sont les mêmes, l'explication que j'ai donnée est donc exacte. Les faits précédens nous donnent les moyens de modifier à volonté l'intensité des petites piles qui servent à faire naître des affinités dans les corps; en effet, une lame de cuivre qui plonge dans deux dissolutions de nitrate de cuivre, dont l'une est saturée et l'autre ne l'est pas, formant pile: il s'ensuit qu'en étendant plus ou moins d'eau la dissolution qui n'est pas saturée, on aura des actions électro-chimiques plus ou moins énergiques; de plus, comme on peut l'étendre progressivement, ces actions augmenteront ou diminueront dans la même proportion.

C'est par ce moyen qu'on pourra arriver à obtenir, cristallisés, les divers oxides du même métal, et à distinguer des principes immédiats dans les composés organiques. Pour avoir le protoxide de plomb, par exemple, on emploie une dissolution de sous-acétate de plomb, de la litharge pulvérisée et une lame de plomb. Suivant la

quantité de litharge, on obtient le protoxide en cristaux dodécaèdres ou en aiguilles prismatiques.

Je suis parvenu, par un moyen analogue, à former l'oxide de zinc, etc. Je reviendrai, dans un autre Mémoire, sur les oxides métalliques.

### § V. *De l'influence de la lumière sur les produits électro-chimiques, et conclusion.*

L'appareil du tube recourbé en *U*, avec les dispositions que j'ai indiquées, est d'une application beaucoup plus étendue que le précédent, puisque l'on y fait usage du contact de deux dissolutions de sels différens, tandis que dans l'autre on n'a que les effets qui résultent du contact de deux dissolutions d'un même sel à différens degrés de saturation. Ces appareils donnent chacun des produits qui leur sont propres. On sent bien que l'accroissement des cristaux n'est pas indéfini, car il arrive un instant où les élémens dissous dans les liquides ayant été employés, l'action cesse. Il faut donc disposer les appareils de manière a en remettre de nouveau sans trop déranger la marche de l'opération. Quand on fait usage du tube en *U*, il faut essayer de temps en temps, à un excellent galvanomètre, si le sens du courant n'est pas changé; car, s'il l'était, il se formerait alors de nouveaux produits. Cet essai est facile en séparant les deux lames de métal qui plongent dans les branches du tube. Le changement de sens du courant est assez fréquent, en raison de la réaction des premiers produits sur le liquide au milieu duquel ils ont été formés.

La lumière exerce une influence sur les modifications que peuvent éprouver les combinaisons formées par

l'électro-chimie. Parmi les observations que j'ai faites à cet égard, je me borne à citer celle qui suit, comme étant décisive : j'ai mis dans un tube, du deutoxide de cuivre, une dissolution saturée d'hydrochlorate du même métal et une lame de cuivre, et le tube a été ensuite fermé hermétiquement; peu à peu la dissolution s'est décolorée, il s'est formé sur la lame de cuivre des cristaux de protochlorure de cuivre; les cristaux de la face, tournés du côté de la lumière, se sont recouverts de filamens capillaires de protoxide de cuivre, tandis que les cristaux situés sur la face opposé ne présentaient pas le même effet. Ainsi la lumière a décidé, dans ce cas-ci, la production du protoxide de cuivre. L'appareil fonctionnait depuis huit mois quand je me suis aperçu du phénomène que je viens de rapporter. Pour être assuré de son exactitude, j'ai monté un autre appareil de suite, et le résultat a été le même. Si l'on rapproche cet effet de celui dont j'ai parlé dans le paragraphe précédent, on verra qu'il faut que la face de la lame de cuivre, tournée du côté de la lumière, soit devenue, par l'action de cette même lumière, le pôle négatif d'une pile, tandis que celle qui lui est opposée soit le pôle positif; or, comme une lame de métal qui plonge dans deux dissolutions d'un même sel, à différens degrés de saturation, détermine un courant électrique, n'est-il pas permis de supposer, par suite du même principe, que la même lame placée par une de ses faces, dans un milieu lumineux rempli d'un liquide, et par l'autre dans un milieu qui l'est moins, détermine aussi un courant, excessivement faible à la vérité, mais dont l'existence est prouvée par une action chimique qui ne se manifeste à nos yeux qu'après un temps assez con-

sidérable. L'analogie est en faveur de cette hypothèse. Cependant je dois faire connaître une observation qui tend à faire dépendre le phénomène de l'action magnétique du globe. Les lames de cuivre étaient dans une position à peu près perpendiculaire à la direction du méridien magnétique, et la face, recouverte de filamens capillaires de protoxide de cuivre, regardait le pôle nord. Si c'est réellement là l'origine de l'action chimique, il faut que la face en regard du pôle nord soit devenue le pôle négatif d'une pile, et la face opposée le pôle positif par suite de l'influence du magnétisme terrestre. Des deux explications que je viens de donner, la dernière paraît la plus probable : d'ici à peu de temps j'espère être fixé sur ce point, car j'ai disposé plusieurs appareils qui me permettront de résoudre cette question.

Les faits consignés dans ce Mémoire sont le résultat de deux années d'expériences; ils montrent le rôle que peut jouer le fluide électrique dans un grand nombre de phénomène qui dépendent de l'attraction. Je me suis appliqué principalement à faire connaître les moyens de le mettre en mouvement, pour opérer la combinaison des corps inorganiques.

22 février 1829.

## Mémoire *sur l'Acide pectique et la racine de la carotte* (daucus carota Linn. ombellif.) (1)

Par M. Vauquelin.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 27 avril 1829.)

Quoique le principe immédiat des végétaux, connu sous le nom de *gelée*, paraisse se rencontrer dans un très-grand nombre de plantes, et qu'il semble jouer un rôle important dans la végétation, tant par son origine que par les transformations qu'il peut éprouver; cependant ce corps n'a encore fixé l'attention que d'un petit nombre de chimistes.

Nous avons signalé quelques-unes de ses propriétés dans nos Mémoires sur l'analyse de la casse et du tamarin consignés dans les tomes v et vi des *Annales de Chimie*. Nous y avons annoncé que ce principe se combinait avec la plus grande facilité avec les alcalis. M. Braconnot, dans un travail très-intéressant sur ce corps (*Annales de Chim. et de Phys.*, tom. xxviii et xxx), a prouvé qu'il jouissait des propriétés des acides, et qu'il se rencontrait dans la plupart des végétaux. Nous avons entrepris quelques expériences pour compléter l'histoire de ces propriétés; pour cela, nous avons cru qu'il serait convenable de faire l'analyse d'une partie végétale, où ce

---

(1) M. Bouchardat, pharmacien interne à la Pitié, dont les succès dans des concours publics annoncent les plus heureuses dispositions, a bien voulu se charger de faire la plupart des expériences rapportées dans ce Mémoire.

principe se rencontre avec assez d'abondance, et nulle n'a paru nous offrir plus d'intérêt que la racine de carotte. M. Bouillon-La-Grange a déjà publié un essai sur les propriétés médicales et l'analyse de la carotte; et M. Laugier a lu à la Société philomathique une observation intéressante sur la transformation qu'éprouve le suc de cette racine par la fermentation.

Les racines de carotte étant convenablement nettoyées, on a formé une pulpe au moyen de la râpe; on a obtenu, par l'expression, un suc que nous allons d'abord examiner.

Ce suc a une odeur particulière qui lui est propre, sa saveur est douceâtre; il est, pour ainsi dire, opaque; on ne parvient que difficilement à l'éclaircir par la filtration; il rougit faiblement la teinture de tournesol; il précipite abondamment par l'acétate de plomb; le précipité recueilli, délayé dans de l'eau et traité par l'hydrogène sulfuré, a fourni un liquide, qui, évaporé, n'a donné aucuns cristaux; mais a laissé un produit visqueux, qui ne paraît contenir d'autre acide végétal que l'acide malique. Le suc de carotte étant brûlé, le résidu salin s'est trouvé composé de chaux et de potasse combinées avec les acides phosphorique, hydrochlorique, carbonique; ce dernier acide provient de la décomposition des matières végétales par la chaleur. Ce suc, chauffé jusqu'à l'ébullition, se clarifie par une chaleur voisine de 100° c.; il se sépare alors des flocons albumineux très-abondans. Ces flocons albumineux, séparés du liquide au moyen du filtre, ont arrêté d'abord notre attention. Leur coloration en jaune et l'odeur bien marquée qu'ils conservent, annoncent évidemment qu'ils ne

contiennent pas seulement de l'albumine pure. Traités par de l'alcool à 40°, ce liquide prend une teinte jaune très-agréable; par l'évaporation des liqueurs alcooliques, on a obtenu deux produits distincts.

1° Un corps gras résinoïde, d'une consistance à demi liquide;

2° Des cristaux aiguillés ayant tous les caractères de la mannite.

M. Laugier a annoncé que la mannite ne se trouvait dans le suc de la carotte que par suite de l'altération de ce suc; le fait précédent paraît ne pas s'accorder avec cette remarque : cependant, comme dans les opérations que nous avons successivement recommencées, nous n'avons pas toujours obtenu de la mannite cristallisée, on pourrait supposer que le suc des racines dont on a extrait immédiatement ce principe, avait déjà subi quelque altération par la conservation des racines. On a opéré dans les mois de janvier et février.

Le corps gras résinoïde paraît évidemment composé de plusieurs principes immédiats qu'une analyse exacte pourrait isoler; il est d'une belle couleur jaune rougeâtre, d'une consistance molle; sa saveur est très-marquée, et son odeur rappelle exactement celle de la carotte. Il paraît que cette substance est le principe de la couleur, de la saveur et de l'odeur particulière de cette racine. Le marc de carottes épuisé par l'eau, cède encore cette matière jaune à l'alcool, à l'aide de la macération; cependant la plus grande partie est entraînée dans le suc lors de son expression; il paraît qu'elle est facilement dissoute ou plutôt tenue en suspension à la faveur du principe sucré et de l'albumine; en effet,

lorsqu'elle est isolée on ne parvient plus à la mélanger avec de l'eau sans intermède.

Cette matière jaune est très-soluble dans les corps gras et dans l'éther; ce dernier liquide offre un bon moyen de la séparer des corps étrangers qu'elle peut contenir, notamment du principe sucré.

Les flocons albumineux, épuisés par l'alcool et l'éther, ont alors une couleur blanche, et toutes les propriétés qui conviennent à de l'albumine coagulée.

Le suc de carotte, éclairci par l'ébullition et filtré, avait une saveur sucrée très-marquée, une couleur jaune ambrée : comme il était très-vraisemblable que ce produit était une combinaison ou un mélange de matière gommeuse, on l'a traité par de l'alcool à 40°; en effet, une matière brune, visqueuse, a refusé de se dissoudre, quelque quantité d'alcool qu'on ait employée.

L'alcool avait contracté une teinte jaune ambrée; on a distillé cet alcool à une chaleur modérée; le résidu est resté clair, épais comme de la mélasse, mais beaucoup moins coloré, ayant une saveur sucrée assez agréable et un peu acide; quoique très-concentrée, cette matière n'a pas cristallisé.

Voulant nous assurer si ce principe sucré était susceptible de fermenter, nous en avons délayé une partie dans une quantité suffisante d'eau, et nous y avons ajouté de la levure de bière; à l'aide d'une chaleur convenable, il s'est établi une fermentation assez vive, et on a obtenu de l'alcool par distillation. Désirant aussi nous assurer quel genre d'altération éprouverait le principe sucré dissous dans une quantité d'eau suffisante pour le ramener à la densité naturelle du suc, on a formé

cette solution. On voulait voir si, soustrait à l'influence du principe gommeux, il éprouverait encore la transformation en mannite. Pendant trois ou quatre jours on n'aperçut aucun changement dans l'état du liquide ; mais au bout de huit jours, la température étant maintenue alors à 20° c., les premiers signes d'une fermentation se manifestèrent ; elle marcha lentement et continua plusieurs jours. Quand elle parut terminée, on distilla et on obtint de l'alcool ; il s'était formé un dépôt d'une matière blanche, insoluble, faiblement azotée.

Le liquide privé d'alcool fut évaporé lentement ; on obtint un résidu peu abondant, de couleur foncée, qui n'avait plus aucune saveur sucrée, et qui n'a fourni aucun indice de mannite.

La partie du suc évaporé qui a refusé de se dissoudre dans l'alcool peut facilement être dissoute dans l'eau ; ce caractère paraissait nous indiquer que ce principe n'était qu'une variété de gomme ; mais d'autres expériences nous forcent d'abandonner cette opinion.

En effet, si on traite ce résidu insoluble dans l'alcool à 40° par de l'alcool à 25°, ce véhicule exerce sur lui une action dissolvante, il en sépare la partie la plus colorée ; évaporé, il laisse un produit encore sensiblement sucré, qui donne de l'azote par la distillation en vase clos. Cette matière paraît être un mélange de matière sucrée et d'un principe azoté fermentescible, mais nous n'avons pu les séparer.

Si, sur la partie insoluble dans l'alcool à 25°, on fait agir successivement de l'alcool de plus en plus faible, on obtient un précipité blanc assez abondant, qui est

[redacted]



alors tout-à-fait insoluble dans l'eau pure, même à l'aide de la chaleur.

Les alcalis et les acides en solution affaiblie dissolvent assez facilement ce principe, mais non complètement en formant des solutions gélatineuses. Cette matière étant brûlée en vase clos, ne donne point de traces d'ammoniaque; elle répand des fumées piquantes, analogues à celles que répand la gomme dans des circonstances semblables.

La propriété la plus remarquable de cette matière, c'est d'être tenue en dissolution à l'aide du principe sucré du suc de carottes, et de retenir assez fortement ce principe sucré pour ne point le laisser dissoudre dans de l'alcool concentré. Cette matière peut encore être séparée par une méthode différente, mais avec une toute autre apparence.

Si on abandonne à lui-même du suc de carottes privé de son albumine par le moyen de l'ébullition, après quelques jours il répand une légère odeur de vinaigre, et prend une consistance à peu près semblable à celle du blanc d'œuf. Arrivé à cette période d'altération, il est alors dans un état d'indifférence de décomposition fort remarquable. On a conservé ce suc pendant plus de trois mois, exposé à tous les changemens de température, soumis à l'action ordinairement destructive de l'alternative de la gelée et d'une température plus élevée, ses caractères physiques n'ont pas sensiblement changé; la proportion d'acide acétique développé ne paraît pas s'accroître. Cet état passif paraît occasioné par la matière insoluble dans l'eau, mais dissoute à l'aide du principe sucré dont nous avons parlé; car quand on a privé,

par de l'alcool à 40°, le suc de carottes de la plus grande partie de cette matière, on a vu que le principe sucré subissait alors très-facilement la fermentation alcoolique. C'est encore l'influence de cette matière qui paraît déterminer le changement du principe sucré en mannite; car on a vu que cette transformation n'avait pas lieu quand on agissait sur le principe sucré isolé dissous dans l'eau.

Le suc altéré, porté à la chaleur de l'ébullition, n'éprouve point de changement.

Si, sur le suc altéré, on verse un excès d'alcool pur, on obtient un précipité abondant de flocons gélatineux, qui n'ont point les mêmes caractères physiques que cette matière insoluble que nous avons décrite, mais qui sont bien identiques avec elle sous le point de vue chimique. Si on fait évaporer la solution alcoolique, on obtient des cristaux de mannite.

On voit que la matière qui était tenue en dissolution à l'aide du principe sucré, devient libre lors de son altération, et communique au suc la consistance visqueuse qu'on observe.

Une altération semblable à celle qu'on vient de décrire s'observe souvent dans les liquides organiques qui deviennent filans; il est très-probable qu'elle est toujours due à la présence d'un principe sucré, et de cette matière que des circonstances favorables nous ont permis d'isoler, malgré les difficultés présentées par ce caractère de solubilité dans le principe sucré. On peut penser avec quelque fondement qu'elle doit se rencontrer dans un très-grand nombre de végétaux, et qu'elle peut jouer un rôle important dans les transformations organiques.

On a traité des carottes pour savoir si elles contenaient de l'amidon, mais on n'a pu en isoler qu'une proportion extrêmement faible eu égard à la quantité de racines employée ; quelques expériences avaient même paru donner des résultats négatifs, mais les proportions de ce principe peuvent être variables suivant la racine employée. C'est un rapprochement physiologique qui n'est pas sans intérêt que cette très-petite proportion d'amidon, qui paraît suppléée par un autre principe qui a avec lui quelques caractères physiques communs, l'acide pectique, que nous allons maintenant examiner.

Le marc de carottes dont on a extrait le suc, étant bien lavé à l'eau distillée, ne donne plus alors aucun signe d'acidité ; mais si, comme l'a fait M. Braconnot, on traite ce marc par une eau de potasse étendue, à l'aide de l'ébullition, on obtient une solution gélatineuse qui précipite abondamment par l'hydrochlorate de chaux. Ce précipité calcaire étant bien lavé et traité par de l'acide hydrochlorique faible, en excès, on obtient, au moyen de lavages, une gelée ayant tous les caractères de l'acide que M. Braconnot a nommé *acide pectique*. Ce corps est insoluble dans l'eau froide, presque insoluble dans l'eau bouillante ; insoluble dans les acides tant minéraux que végétaux ; mais il se dissout très-bien dans les alcalis qu'il sature sensiblement. En suivant le procédé de M. Braconnot, on a obtenu de l'acide pectique, toujours plus ou moins coloré suivant les racines employées. Voulant en avoir de parfaitement blanc pour faire des essais chimiques, on a employé divers procédés pour sa préparation. Nous allons donner un de ces moyens avec détail.

Si, au lieu de précipiter le pectate de potasse (obtenu par l'action d'une solution de potasse sur le marc de carottes) par l'hydrochlorate de chaux, on le précipite par l'hydrochlorate de baryte, on obtient un pectate de baryte insoluble qui, pressé entre des papiers joseph, se dessèche avec la plus grande facilité. Si on traite ce pectate par l'acide sulfurique en excès, on obtient du sulfate de baryte et de l'acide pectique qui lui reste intimement mélangé; mais si on fait bouillir ce précipité avec de la potasse caustique, il se forme du pectate de soude soluble qu'on peut séparer par filtration du sulfate de baryte. En précipitant par l'acide hydrochlorique en excès le pectate de soude, et en lavant le précipité, on obtient ainsi de l'acide pectique parfaitement blanc et très-pur.

Dans les procédés indiqués pour la préparation de l'acide pectique, l'emploi d'eau pure (distillée ou de pluie) qui est indispensable pour faire les lavages, rend cette opération embarrassante et presque impraticable ailleurs que dans un laboratoire de chimie; comme cet acide a été indiqué pour divers usages, nous avons cherché à trouver un moyen qui pût dispenser de l'eau pure; celui qu'on va décrire nous a toujours très-bien réussi, et on a obtenu dans toutes les opérations des produits beaucoup plus blancs que par les procédés connus.

On a pris des carottes de Flandre, variété jaune; après les avoir râpées et exprimées, on a lavé le marc avec de l'eau ordinaire jusqu'à ce qu'elle sorte limpide; on a formé ensuite une bouillie claire avec le marc et de l'eau contenant du bi-carbonate de potasse (cinq parties de bi-carbonate pour 100 parties de marc exprimé). On

a soumis à l'ébullition le temps ordinaire, puis passé avec expression; on a ainsi obtenu une liqueur très-chargée de pectate de potasse d'où il a été facile d'extraire l'acide pectique en précipitant ce pectate par un excès d'hydrochlorate de chaux, en lavant et traitant ce pectate insoluble par de l'eau aiguisée avec de l'acide hydrochlorique, puis lavant avec de l'eau pure. On obtient ainsi de l'acide pectique beaucoup plus blanc que lorsqu'on emploie la potasse caustique.

Si on recherche un procédé très-économique pour obtenir de l'acide pectique, on peut substituer au bi-carbonate de potasse, le carbonate de soude, n'ajouter pour une première décoction qu'une proportion faible de ce sel, la même quantité, par exemple, de carbonate cristallisé que nous avons indiquée de bi-carbonate de potasse; on obtient de même un pectate très-concentré, qui peut fournir immédiatement de l'acide pectique très-blanc, ou par l'addition d'un acide ou d'un autre corps précipitant. Pour obtenir la quantité totale d'acide pectique, on fait de nouvelles décoctions avec des quantités successivement plus grandes de carbonate de soude.

Après avoir détaillé les divers modes de préparation de l'acide pectique, il nous reste à parler des changemens remarquables que cette matière éprouve sous l'influence des alcalis.

Si on ajoute dans de l'acide pectique gélatineux, contenu dans un petit creuset de platine, un excès de potasse caustique, et qu'on chauffe doucement en agitant, le mélange ne tarde pas à se liquéfier et à prendre une couleur brunâtre. Si on évapore doucement le liquide, on observe que lorsque l'eau est chassée, la matière saline

qui reste dans le creuset reprend assez promptement une couleur blanche, quand l'opération est bien conduite et quand la chaleur a été bien ménagée.

La matière blanche qui reste dans le creuset se dissout très-bien dans l'eau, l'alcali est presque entièrement saturé ; si, à cette dissolution, on mêle de l'acide nitrique jusqu'à ce qu'elle devienne très-légèrement acide, on remarque d'abord un dégagement d'acide carbonique et aucune précipitation d'acide pectique. Si on ajoute alors du nitrate d'argent, il se forme un précipité abondant d'une poudre blanche, grenue et comme cristalline, et qui, exposée encore humide à la lumière, devient légèrement rosée. Une certaine quantité de ce précipité d'argent, traitée avec de l'acide hydrochlorique, a fourni [illegible] chlorure d'argent, qui, bien lavé, ne contenait rien de végétal. Le lavage, évaporé à une très-douce chaleur, s'est légèrement coloré en jaune sur la fin de l'évaporation, en même temps quelques vapeurs d'acide hydrochlorique se sont fait sentir. Cette liqueur a fini par se convertir, à l'aide d'une évaporation à l'étuve, en cristaux blancs, parfaitement transparens, et sans un atome d'eau-mère, si ce n'est une légère trace jaune sur la capsule du sel. Ces cristaux avaient la forme de colonnes carrées sans pyramides, et quelques-uns étaient formés de la réunion de plusieurs. Ces cristaux dissous précipitaient l'eau de chaux et tous les sels calcaires solubles : or, ces propriétés et toutes celles que nous avons observées dénotent évidemment l'acide oxalique.

D'autre part, une certaine quantité d'acide pectique, bouilli avec du lait de chaux en excès pendant environ une heure, a perdu son état gélatineux. La matière

recueillie sur un filtre, s'est dissoute ensuite avec la plus grande facilité et à froid dans l'acide nitrique faible ; il n'est resté que quelques flocons brunâtres qui, étant secs, brûlaient sur des charbons ardens à la manière du bois. La solution nitrique, mêlée à quelques gouttes d'ammoniaque, a formé un précipité floconneux blanchâtre, un peu gélatineux, mais qui était loin d'égaler en volume celui de l'acide pectique employé. Ce précipité a pris une couleur brune en séchant ; mis sur des charbons ardens il brûle sans fumée, et laisse du carbonate calcaire. On ne peut dire s'il s'est formé ici de l'acide oxalique comme dans l'expérience précédente ; mais on peut assurer que l'acide pectique a été détruit.

C'est une chose assez remarquable, que cette transformation d'acide pectique en acide oxalique, sous l'influence d'une action alcaline assez faible ; on peut admettre deux explications de ce phénomène : 1° l'action d'un alcali sur l'acide pectique peut être assimilée à l'action de l'acide nitrique sur le même corps. Il produit un dérangement dans ses élémens ; de là, formation du composé qui paraît être un des derniers dans l'échelle organique, l'acide oxalique. 2° Il est une autre explication qui réunit peut-être plus de probabilités en sa faveur. Si l'on compare les caractères chimiques des acides pectique et oxalique, on y trouve souvent une assez grande ressemblance, par rapport à l'insolubilité de leurs sels. On pourrait admettre que l'acide pectique est un composé d'acide oxalique et d'une matière gélatineuse qui lui est intimement associée ; l'action de la potasse se bornerait alors à détruire cette matière gélatineuse, et à se combiner avec l'acide oxalique, qui

conserve plus de fixité en s'unissant avec cet alcali ; mais cette hypothèse ne sera entièrement vérifiée que lorsqu'on pourra réussir à isoler cette matière gélatineuse, et à former de l'acide pectique en la combinant avec l'acide oxalique : on a fait quelques essais pour y parvenir ; il faut dire qu'ils n'ont pas réussi.

Le marc de carottes, lavé à plusieurs reprises, n'offre, comme on l'a vu, aucun caractère d'acidité ; tandis que la gelée, qu'on en extrait par le moyen de la potasse et d'un acide successivement employés, possède une saveur aigrelette, rougit les couleurs bleues végétales et sature les bases. Ces propriétés pourraient bien n'être dues qu'à l'acide oxalique ; mais à coup sûr elles ne sont pas dues à l'acide employé pour la séparation, comme on était d'abord porté à le penser ; car, quand on a fait brûler l'acide pectique avec la potasse, on n'a plus retrouvé de traces sensibles d'acide muriatique employé à sa préparation.

L'analyse des sels contenus dans le marc de carottes épuisé par la potasse ou son carbonate nous a donné, en petites proportions, du carbonate de chaux et du phosphate de la même base ; il n'y existe aucune trace de sulfate et infiniment peu de muriate.

Si les propriétés acides de l'acide pectique sont dues à l'acide oxalique, il faut que ce dernier acide existe dans la racine de cette carotte, combiné avec une base quelconque, et que la présence de la matière organique avec laquelle il forme l'acide pectique favorise sa séparation par le moyen d'un alcali. Cette opinion paraît assez vraisemblable, si on remarque que les carbonates saturés, qui n'ont qu'une faible action alcaline, dégagent

plus facilement l'acide pectique qu'un alcali caustique, et si on fait attention qu'il se trouve de la chaux dans le suc exprimé. On pourrait admettre encore que la force alcaline, quelque faible qu'elle soit, suffit pour faire développer de l'acide pectique dans le marc de carottes, par l'intermède de l'eau et à l'aide de la chaleur.

En parlant de l'état sous lequel l'acide pectique se rencontre dans les végétaux, je saisis cette occasion pour exprimer ici les vues que j'ai souvent développées dans mes Cours, et dont j'ai parlé brièvement dans quelques-uns de mes Mémoires sur la formation des principes immédiats acides.

J'ai pensé que, dans un grand nombre de cas, le développement des acides dans les végétaux avait pour cause principale la présence des alcalis. On y trouve en effet presque toujours les acides neutralisés en tout ou en partie par divers alcalis, tels que la chaux, la potasse, la soude, la magnésie, et quelquefois aussi par des alcalis végétaux; et je ne sache pas qu'on ait encore trouvé ces derniers à nu dans le règne végétal.

Celui des alcalis qui joue le plus grand rôle à cet égard est assurément la chaux, parce qu'elle est plus généralement répandue et plus abondante à la surface de la terre, et qu'elle attire puissamment les acides. Il est vrai qu'elle n'entre pas à l'état de chaux dans le règne organique, mais bien à l'état de carbonate, qui, sans exercer d'action délétère sur les végétaux, conserve cependant assez de force alcaline pour déterminer la formation des acides, et particulièrement de l'acide oxalique qu'elle préfère à tous les autres.

L'on peut, ainsi que je l'ai dit ailleurs, expliquer par

là l'effet des marnes calcaires sur les végétaux. Immédiatement après son introduction dans les organes des plantes, le carbonate de chaux détermine le développement d'un acide qui le décompose, et met à nu son acide carbonique, lequel, à l'aide de la lumière, tourne au profit de la nature végétale. De là, on peut conclure que les marnes calcaires remplissent à la fois deux fonctions importantes, savoir, la division du sol et la nutrition des plantes.

RÉSUMÉ.

Le suc de carottes contient : de l'albumine qui entraîne avec elle,

1° Une matière grasse résineuse, d'une belle couleur jaune; 2° de la mannite;

Un principe sucré difficilement cristallisable;

Une matière organique, qui est tenue en dissolution à l'aide du principe sucré;

De l'acide malique.

Le résidu salin provenant de la décomposition du suc est formé de chaux et de potasse combinées avec les acides phosphorique, hydrochlorique, carbonique; ce dernier résultant de la décomposition des matières organiques.

Le marc, épuisé par l'eau froide, contient : de la fibre végétale; de l'acide pectique, ou le principe dont il procède, en supposant qu'il n'y soit pas tout formé. Le résidu salin de la combustion du marc est formé de phosphate et de carbonate de chaux. La matière sucrée, privée du principe insoluble qui est dissous à sa faveur, est susceptible de fermentation alcoolique; elle perd

cette propriété sous l'influence de ce principe, mais elle éprouve la transformation en mannite.

L'acide pectique, chauffé dans un creuset avec un excès de potasse, fournit de l'acide oxalique.

On peut employer l'eau ordinaire pour les lavages du marc de carottes. Si on substitue aux alcalis caustiques leurs carbonates, on obtient ainsi de l'acide avec plus de facilité et dans un plus grand état de pureté.

---

## Recherches *sur la structure des métaux.*

Par M. Félix Savart.

Jusqu'ici les métaux fondus avaient été considérés comme les substances solides qui approchaient le plus des conditions de l'homogénéité; on les regardait comme des assemblages d'une infinité de petits cristaux réunis entre eux sans ordre et comme au hasard, et l'on était loin de soupçonner que, dans une masse quelconque de métal, il pouvait y avoir des différences d'élasticité et de cohésion aussi grandes et peut-être plus grandes que celles qu'on observe dans un corps fibreux tel que le bois.

Neanmoins l'expérience montre que des lames circulaires de métal bien égales d'épaisseur, coulées en moules ou taillées dans de grandes masses, ou enfin prises dans des feuilles laminées, se comportent toujours, par rapport aux vibrations sonores, comme si elles eussent appartenu à un corps fibreux ou régulièrement cristal-

lisé : ainsi, lorsqu'on cherche à leur faire produire le mode de division qui se compose de deux lignes croisées rectangulairement, on reconnaît bientôt que leur structure intime n'est pas la même dans toutes les directions ; car ce mode de division ne peut s'y établir que dans deux positions déterminées et presque toujours sous la forme de courbes hyperboliques qui s'accompagnent de sons plus ou moins éloignés l'un de l'autre, quelquefois d'une quantité presque insensible, et quelquefois d'une tierce, d'une quarte et même d'une quinte. Des lames d'or, d'argent, de cuivre, de zinc, de fonte de fer, de fer forgé ou laminé, d'étain, de plomb, de bismuth, d'acier, d'antimoine et d'un grand nombre d'alliages de ces diverses substances, tels que le laiton, le métal des cloches, des timbres, etc., ont paru présenter des phénomènes tout-à-fait analogues à ceux des lames de bois ou de cristal de roche diversement inclinées autour des axes d'élasticité ou des directions de clivage.

Ces expériences ayant été répétées un grand nombre de fois et dans des circonstances très-différentes, on peut donc regarder comme positif qu'une lame de métal se comporte toujours comme si elle eût appartenu à un système cristallisé ; mais suit-il de cette propriété qu'en effet les métaux soient cristallisés régulièrement? Cette difficulté peut être résolue par le moyen même qui l'a mise en évidence ; en effet, le caractère distinctif des corps cristallisés consistant en ce que leur structure se retrouve exactement la même pour toutes les parties d'un même plan et pour des plans parallèles pris dans une direction quelconque par rapport aux faces du cris-

tal, il est clair que, pour reconnaître si un corps est cristallisé régulièrement, il suffit, 1° d'y tailler diverses lames circulaires de même diamètre et de même épaisseur prises dans un même plan, et de voir si leurs modes de division sont parallèles entre eux et font entendre les mêmes sons ; 2° d'y prendre plusieurs lames parallèles, et de voir également si leurs modes de division se correspondent, et enfin s'ils s'accompagnent des mêmes sons. En conséquence j'ai taillé dans un cylindre de plomb, qui pesait environ 15 k., plusieurs lames de même dimension, dont la $1^{re}$, la $3^{me}$, la $5^{me}$, la $7^{me}$ et la $9^{me}$ étaient perpendiculaires à l'axe du cylindre, tandis que la $2^{me}$, la $4^{me}$, la $6^{me}$ et la $8^{me}$, prises entre les précédentes, passaient par cet axe même et étaient contenues dans un même plan ; ensuite, après avoir fait préalablement tous les repères convenables pour pouvoir reconnaître les relations de position de toutes ces lames, j'ai tracé sur chacune d'elles les deux figures acoustiques qu'elle produisait, et j'ai noté les sons qui correspondaient à ces figures. J'ai reconnu ainsi, 1° que les modes de division de toutes les lames comprises dans le plan qui passait par l'axe du cylindre étaient loin d'être les mêmes et de s'accompagner des mêmes sons ; 2° que les modes de division des lames perpendiculaires à l'axe ne se correspondaient pas non plus, qu'ils étaient très-différens, et qu'il s'en fallait aussi de beaucoup qu'ils s'accompagnassent des mêmes sons. Cette expérience ayant été répétée plusieurs fois tant sur le plomb que sur l'étain, et ayant toujours donné les mêmes résultats, il faut en conclure qu'une masse de métal, considérée dans son ensemble, ne possède pas les propriétés d'un corps cristal-

lisé régulièrement, quoique chacune des lames qu'on y peut tailler se comporte comme si elle eût appartenu à un corps de cette espèce.

(La figure 1re représente l'ensemble de ces disques, supposés dans la position où ils se trouvaient lorsqu'ils faisaient partie de la masse cylindrique, et les différens numéros de la figure 2me offrent les modes de division de chacun d'eux avec les sons correspondans : la direction de l'axe du cylindre est indiquée par la ligne $xy$ dans tous les disques pairs, et la projection de leur plan sur le plan de ceux qui portent les numéros impairs, l'est par la ligne $lm$. Toutes ces lames avaient 6 cent. de diamètre et 4 millim. d'épaisseur ; elles résonnaient avec une très-grande facilité.)

De même si l'on examine les modes de division d'une lame circulaire de métal dont le diamètre soit de un à deux décimètres, qu'ensuite on la divise en plusieurs autres petites lames également circulaires, on trouve que ces dernières diffèrent plus ou moins entre elles, tant par la disposition de leurs modes de division que par les sons qu'elles font entendre, et que rarement les lignes nodales de l'une sont parallèles à celles de l'autre. La figure 3me présente les résultats d'une expérience de cette espèce faite sur une lame circulaire de plomb, et la figure 4me ceux d'une expérience analogue faite sur une lame rectangulaire du même métal.

Ces faits et beaucoup d'autres du même genre que je pourrais rapporter montrent nettement que les métaux ne possèdent pas une structure homogène, mais qu'ils ne sont pas non plus cristallisés régulièrement. Il ne reste donc qu'une supposition à faire, c'est qu'ils possèdent

une structure semi-régulière, comme si, au moment de la solidification, il se formait dans leur intérieur plusieurs cristaux distincts, d'un volume assez considérable, mais dont les faces homologues ne seraient pas tournées vers les mêmes points de l'espace. Dans cette idée, les métaux seraient comme certains cristaux groupés, dont chacun, considéré en particulier, offre une structure régulière, tandis que la masse entière paraît tout-à-fait confuse.

Cette manière d'envisager le phénomène se trouve appuyée par l'observation directe de quelques-unes des circonstances qui accompagnent la solidification des métaux; ainsi, si l'on examine attentivement la surface d'une masse de plomb qui est sur le point de se solidifier, on aperçoit, dans quelques points de son étendue, de petits sillons rectilignes qui ont quelquefois plusieurs centimètres de longueur, qui paraissent dirigés au hasard et qui sont toujours coupés rectangulairement par un grand nombre d'autres sillons du même genre, mais beaucoup plus courts, de telle sorte que toute la surface du métal paraît bientôt entièrement couverte de ce singulier réseau dont la production indique évidemment une sorte de régularité dans l'arrangement des parties sous-jacentes. En effet, si l'on opère sur une masse de plomb un peu considérable, par exemple, de 12 à 15 kil., que l'on saisisse l'instant où la couche solidifiée n'a guère que 5 à 6 millim. d'épaisseur, qu'on la perce avec un fer rouge, et qu'on renverse le vase subitement, de manière à faire écouler la partie du métal qui est encore liquide, la face intérieure de la couche solide présentera une multitude de petits cristaux octaèdres

arrangés par files parallèles et croisées rectangulairement, qui formeront un plus ou moins grand nombre de systèmes distincts, correspondant, pour la position, aux systèmes de petits sillons qu'on avait aperçus sur la face opposée de la croûte solide.

Vus à la loupe, les petits cristaux qui composent chacun de ces systèmes, paraissent être groupés autour de trois droites qui se coupent rectangulairement, et ils sont arrangés de manière que leurs axes se trouvent parallèles à ces droites elles-mêmes : ainsi ils ne se touchent ou ils ne paraissent se toucher que par leurs angles solides. Maintenant si l'on imagine que les trois droites de chaque système peuvent affecter une direction qui paraît indéterminée par rapport à celle des droites des systèmes voisins, on aura une idée assez nette de la cristallisation semi-régulière d'une masse de plomb. On obtient des résultats analogues avec le cuivre, l'étain et le zinc. Il est à remarquer que ces systèmes sont bien plus étendus quand les métaux ont été maintenus en fusion pendant long-temps, ou quand ils ont été fondus à diverses reprises.

Une conséquence naturelle de cette structure, c'est que les différences d'élasticité d'une même substance paraîtront en général d'autant plus grandes que les lames circulaires qui serviront à les mettre en évidence auront un diamètre plus petit, puisque le nombre des systèmes cristallins que ces lames contiendront sera d'autant moindre, que leur diamètre sera moins grand. C'est aussi ce que l'expérience confirme parfaitement. Ainsi il est bien rare qu'il y ait un intervalle de plus d'un demi-ton entre les deux sons d'une lame de plomb,

d'étain ou de zinc de 12 à 15 cent. de diamètre, tandis que cet intervalle est fréquemment d'une quarte dans des lames de même substance, lorsque leur diamètre n'excède pas 3 à 4 cent. Par la même raison, une masse de métal, étudiée par le même procédé, paraîtra en général posséder une structure d'autant plus régulière que ses dimensions seront moins considérables. On peut lire, dans la figure 5$^{me}$, les résultats d'une expérience de cette espèce faite sur un petit cylindre de plomb dont le diamètre était de 3$^{cent.}$,8.

Maintenant qu'il paraît bien établi que les métaux fondus sont des assemblages de cristaux arrangés régulièrement et disposés par systèmes distincts et diversement inclinés les uns sur les autres, il ne reste plus qu'à rechercher comment cette disposition peut donner à ces substances des propriétés analogues à celles qu'on observe dans les corps cristallisés par lames superposées, mais cette recherche présente des difficultés qu'il ne sera pas facile de lever : néanmoins comme j'ai fait quelques tentatives à ce sujet, je vais en donner une idée.

Je suppose qu'on prenne deux lames circulaires de bois, d'égale épaisseur, contenant dans leur plan les axes de plus grande et de moyenne élasticité, et qu'on les colle ensemble de manière que les axes de même espèce, dans les deux lames, laissent entre eux un angle plus ou moins ouvert ; il est clair que ces systèmes de lames croisées pourront donner une idée de ce qui doit arriver dans les métaux. La marche du phénomène est alors très-simple ; car les modes de division sont à très-peu près les mêmes que dans chacune des lames prises séparément : c'est-à-dire que l'un des deux se compose

de deux lignes croisées rectangulairement et l'autre de deux branches d'hyperbole; mais avec cette particularité que l'une des lignes nodales du système rectangulaire se place toujours sur la ligne qui divise en deux l'angle que les fibres du bois forment entre elles, et que l'une des asymptotes de la courbe hyperbolique paraît être sensiblement parallèle à la direction des fibres de l'une des lames, tandis que la seconde l'est aux fibres de l'autre lame. On obtiendrait des résultats tout-à-fait analogues par le croisement de deux lames quelconques qui contiendraient au moins l'un des axes d'élasticité, c'est-à-dire, dans lesquelles l'un des systèmes nodaux serait formé par deux lignes croisées rectangulairement. Si l'une des deux lames ne contient aucun des axes dans son plan, alors les systèmes nodaux ne se composent que de branches d'hyperbole, et la position qu'ils prennent est intermédiaire à celle qu'ils affectaient dans chacune des lames considérée isolément. Il semble donc qu'on puisse conclure de là que, de quelque manière que des corps qui possèdent trois axes rectangulaires et inégaux d'élasticité soient réunis entre eux, leur assemblage jouit aussi de la propriété de présenter trois axes d'élasticité.

En général, il ne paraît pas qu'il y ait une grande différence entre la structure des lames de métal qui ont été taillées dans de grandes masses, et celles des lames de même substance qui ont été fondues dans des moules propres à leur faire prendre de suite la forme circulaire: parmi les premières comme parmi les secondes, il s'en trouve dont les deux sons laissent entre eux un intervalle qui quelquefois est très-petit, tandis que d'autres

fois il embrasse plusieurs tons; et ces derniers offrent ceci de remarquable, que la substance dont se compose le moule dans lequel on les coule, que la position du jet à leur circonférence ou à leur centre, que la direction verticale, diversement inclinée ou horizontale du moule, ne paraissent influer en rien sur leur état élastique, c'est-à-dire qu'on y retrouve toujours un sens de plus grande résistance à la flexion, ainsi que les deux modes de division affectant des positions déterminées et s'accompagnant de sons différens. Il ne m'a pas paru qu'un refroidissement subit, ni qu'un courant électrique qui traversait la lame suivant une de ses diamétrales, tandis que le métal était en fusion, exerçassent non plus une influence appréciable sur la disposition générale du phénomène; mais il n'en est pas de même d'une suite de petits chocs imprimés au moule, tandis que le métal se solidifie : cette dernière action ne manque presque jamais de troubler la formation des systèmes cristallins et de déterminer une uniformité d'élasticité assez grande pour que les lames circulaires qui ont subi cette altération ne fassent plus entendre qu'un seul son, et que le système nodal composé de deux lignes croisées n'y occupe plus une position déterminée. Il serait aussi curieux qu'important d'examiner si les métaux, dont la cristallisation a été ainsi troublée, sont aussi tenaces que dans le cas contraire, et de voir s'ils n'acquièrent pas quelques propriétés nouvelles qui les rendraient plus faciles à employer dans certaines opérations des arts.

Plusieurs causes, telles que l'écrouissage, le laminage, le recuit, peuvent altérer à divers degrés la distribution de l'élasticité des métaux; mais aucune de ces causes ne

Ces recherches conduisent à ce résultat, que les différences de résistance à la flexion suivant diverses directions d'une même masse de métal, peuvent être beaucoup plus grandes que dans certains bois, tels que le chêne, le hêtre, etc., puisqu'on rencontre des lames circulaires de métal dont les deux sons diffèrent d'une quinte, et que, dans les bois que nous venons de citer, l'intervalle entre les deux sons n'excède pas une tierce mineure pour les directions ou les différences d'élasticité sont les plus grandes; et cependant, comme nous l'avons établi précédemment, les élasticités extrêmes, dans le hêtre, sont entre elles comme 1 est à 16.

Quant à l'influence exercée par le recuit, elle paraît très-faible et peut-être nulle lorsque les métaux n'ont pas été écrouis; car divers disques de cuivre qui avaient été exposés pendant plusieurs heures à une température peu éloignée du point de fusion, faisaient encore entendre les mêmes sons qu'ils avaient produits avant cette opération. Mais il n'en est pas de même lorsque les lames ont d'abord été écrouies et qu'ensuite on les fait recuire: alors il arrive souvent que l'intervalle entre les deux sons varie un peu et qu'il survient quelques changemens dans la disposition des lignes nodales.

Il eût sans doute été important de déterminer pour les différens métaux, le plus grand écartement qu'il peut y avoir entre les deux sons que font entendre les lames circulaires qui en sont formées; mais je ne puis rien préciser à ce sujet, parce que cet écartement est d'autant plus grand que les métaux sont plus purs, et qu'il dépend d'ailleurs des particularités de l'acte de la solidifi-

cation, particularités qui sont encore entièrement inconnues ; néanmoins cet écartement m'a paru en général plus considérable dans l'étain, le plomb et le zinc que dans le cuivre, le bismuth, le fer, l'antimoine et l'argent ; et il est toujours très-petit dans les alliages. Ainsi les deux sons du cuivre jaune et surtout ceux du métal des timbres sont si près l'un de l'autre, qu'il est presque toujours impossible de les distinguer.

Les phénomènes que nous venons d'observer dans les métaux sont loin de leur être particuliers ; on en retrouve d'analogues dans le verre, le soufre, la résine ordinaire, la résine copale, le succin, le plâtre, les ardoises, etc. ; l'intervalle compris entre les deux sons propres à des lames circulaires formées de ces diverses substances, est toujours très-petit : il est fort rare qu'il surpasse un demi-ton majeur, aussi les deux modes de division, quoique affectant constamment une position fixe, diffèrent-ils assez peu l'un de l'autre pour se présenter presque toujours sous la forme de lignes nodales croisées rectangulairement. Il est à présumer, en un mot, qu'on découvrirait une hétérogénéité de structure presque dans toutes les substances solides, excepté peut-être dans celles qui ne sont que des dépôts de matières pulvérulentes, comme la craie, par exemple, qui paraît se rapprocher beaucoup des conditions de l'homogénéité. Parmi les corps que j'ai examinés jusqu'ici, je n'en ai trouvé qu'un seul, la cire d'Espagne, pour lequel le système de deux lignes nodales croisées à angle droit, pût se placer indifféremment dans toutes les directions ; mais cette substance n'étant qu'un simple mélange de résine laque, de térébenthine et de cinabre, on conçoit que ce dernier corps, qui est

à l'état pulvérulent, doit empêcher les particules de la résine de s'arranger régulièrement.

Je terminerai ce Mémoire par une observation qui paraît applicable à tous les corps qui ne cristallisent pas régulièrement : c'est qu'immédiatement après qu'ils se sont solidifiés, ils résonnent en général avec beaucoup moins de facilité qu'ils ne le font quelques heures, quelques jours ou même quelques mois plus tard. Souvent même il arrive qu'un corps, qui d'abord ne produisait que des sons très-sourds et difficiles à obtenir, finit par vibrer avec une telle facilité et une telle énergie, que ses particules se désagrégent et qu'il saute en éclats à l'occasion du plus léger ébranlement. Il semble résulter de là que, pendant l'acte de la solidification, beaucoup de particules sont en quelque sorte surprises dans des positions dont elles tendent ensuite à s'écarter, et qu'elles ne parviennent à un état d'équilibre stable qu'après un temps qui est quelquefois fort long : ainsi, par exemple, si l'on coule dans un moule convenable une lame circulaire de soufre, et qu'on cherche à la faire résonner immédiatement après qu'elle est refroidie, on ne peut pas y réussir ; mais, au bout de quelques jours, on peut en tirer des sons plus ou moins sourds ; si alors on détermine le nombre des vibrations obtenues pour un mode de division quelconque, puis qu'on laisse la lame en repos pendant un ou deux mois, après ce temps écoulé, elle parle avec une facilité extrême, et de plus, pour le même mode de division, le nombre des vibrations est devenu plus considérable : le son peut ainsi s'élever de plus d'un ton. Il est bien connu que le soufre qui a été fondu ne recouvre pas, immédiatement après qu'il s'est solidifié,

les mêmes propriétés qu'il avait d'abord, mais on était loin de soupçonner qu'il lui fallût pour cela des mois entiers et peut-être un temps bien plus considérable.

---

## ANALYSE *de l'arséniate de fer de Loaysa, près Marmato, province de Popayan.*

PAR M. BOUSSINGAULT.

LE fer arséniaté dont je donne ici l'analyse s'est rencontré dans un filon de fer hydraté aurifère (*paco*), qui existe dans le grunstein porphyrique décomposé de Loaysa. Ce minéral se présente en masses poreuses d'un vert très-pâle; sa poussière est blanche; mais, quand on la triture avec une dissolution de potasse caustique, elle prend une couleur jaune de rouille; au chalumeau, il offre tous les caractères propres à l'arséniate de fer; chauffé dans un tube fermé par une de ses extrémités, il donne de l'eau sans laisser dégager d'acide arsénieux.

L'arséniate de fer de Loaysa m'ayant semblé se rapprocher beaucoup d'un minéral de même nature, analysé dernièrement par M. Berzelius et qui provenait de Villarica, dans le Brésil, j'ai cru devoir lui appliquer la même méthode analytique que celle suivie par le célèbre chimiste suédois.

100 grains du minéral de Loaysa ont été chauffés dans une petite cornue à laquelle était adapté un récipient; ils ont produit 19,6 gr. d'eau. L'eau a commencé à se dégager à la première impression de la chaleur :

lorsque la cornue eut acquis une température rouge, on remarqua une odeur très-sensible d'acide sulfureux, et en même temps il se sublima de l'arsenic métallique. J'attribue la production de l'acide et du métal à la réaction de quelques particules de pyrites qui sont ordinairement disséminées dans le minéral. Après la calcination, l'arséniate n'avait pas changé sensiblement de couleur.

100 grains d'arséniate, traités par l'acide hydrochlorique, ont laissé un résidu qui a pesé 5.0 gr. : c'était de la silice dans laquelle on distinguait quelques grains de pyrites. Après s'être assuré que la dissolution hydrochlorique ne contenait pas d'acide sulfurique, on l'a précipitée par l'hydrosulfate d'ammoniaque ajouté en excès, et le sulfure de fer obtenu a été lavé avec de l'eau qui renfermait un peu d'hydrosulfate.

Le sulfure de fer a été dissous dans l'acide hydrochlorique très-étendu ; il est resté une substance noire, qui au chalumeau a été reconnue pour du sulfure de plomb mêlé d'une petite quantité de sulfure de cuivre : le sulfure de plomb, transformé en chlorure, a pesé 0,5, correspondant à 0,4 d'oxide.

La dissolution du fer dans l'acide hydrochlorique a été traitée par l'acide nitrique afin d'oxider le métal, puis précipitée par l'ammoniaque ; l'oxide de fer obtenu a pesé 33,6 gr. Cet oxide, traité convenablement par la potasse caustique, a donné 1,9 gr. d'alumine ; par conséquent le poids de l'oxide de fer se réduit à 31,7 gr.

Dans la liqueur de laquelle le fer avait été séparé par l'hydrosulfure d'ammoniaque, et qui contenait le sul-

fure d'arsenic, on a versé de l'acide hydrochlorique; il s'est déposé du sulfure d'arsenic qui, lavé et bien desséché, a pesé 59 gr.

58 gr. de ce sulfure d'arsenic ont été dissous dans l'eau régale; il est resté 1,7 gr. de soufre, et la solution a fourni, par l'addition du chlorure de baryum, 195 gr. de sulfate de baryte, équivalent à 26,9 gr. de soufre; d'après cela, les 58 gr. d'orpiment contenaient 29,4 d'arsenic, qui répondent à 45 gr. d'acide arsénique: proportionnellement les 59 gr. de sulfure en représentent 45,8 d'acide.

Après avoir fait bouillir la liqueur de laquelle on avait retiré le sulfure d'arsenic, on y a introduit de l'ammoniaque de manière à la rendre alcaline; il s'est alors fait un précipité d'alumine qui, desséché, a pesé 0,7 gr.

Dans la liqueur ammoniacale on a versé du chlorure de calcium; le mélange a été introduit dans un flacon et bouché; il ne s'est rien précipité, même après plusieurs jours: il n'y a donc pas d'acide phosphorique dans l'arséniate de Loaysa. Les produits obtenus sont:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Acide arsenic. . . . | 45,8, | ou abstraction faite de la gangue. | |
| Oxide rouge de fer. | 31,7, | acide arsenic. | 49,6 |
| Oxide de plomb. . . | 00,4, | oxide fer. . . . | 34,3 |
| Eau. . . . . . . . . . . . | 15,6, | oxide plomb. . | 00,4 |
| Alumine. . . . . . . . | 02,6, | eau. . . . . . . . | 16,9 |
| Silice. . . . . . . . . . . | 05,0, | | 101,2 |
| Oxide de cuivre. . | traces. | | |
| | 101,1. | | |

L'augmentation de poids qui se remarque provient, sans aucun doute, de la suroxidation d'une partie de l'oxide de fer, qui dans le minéral se trouve à l'état d'oxidule.

Marmato, août 1828.

---

# Nouvelles *Recherches sur la chaleur spécifique des gaz.*

Par MM. Aug. de La Rive et F. Marcet.

(Lues à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, le 16 avril 1829.)

(Communiquées par les Auteurs.)

Nous avions été amenés à conclure, d'après une suite nombreuse d'expériences, que sous le même volume et sous la même pression, toutes les substances gazeuses, quelle que soit leur nature, ont la même chaleur spécifique (1). On objecta aux conséquences que nous avions tirées de nos recherches, que les masses de gaz que nous soumettions à l'expérience étaient trop petites pour que nous pussions apercevoir des différences entre leur chaleur spécifiques, lors mêmes que ces différences auraient existé. Cette objection, la seule qu'on ait élevée contre l'exactitude du procédé que nous avons employé, était trop importante pour nous avoir échappé; aussi l'avions nous déjà discutée dans notre mémoire, et

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. Mai 1827.

avions nous cherché à le réfuter par diverses considérations ; nous avions en particulier montré que notre appareil indiquait des différences de capacité entre des volumes égaux d'air atmosphérique, pris à divers états de densité, preuve que notre procédé était assez délicat pour accuser ces différences lorsque réellement elles existent.

Néanmoins, comme nous nous étions peu étendus sur ce point particulier, nous avons senti qu'il y aurait quelque avantage à reprendre cette partie de notre travail, afin de chercher à apprécier exactement qu'elle pouvait être l'influence de la cause d'erreur que nous venons de signaler. Dans ce but, nous avons commencé par répéter les expériences que nous avions déjà faites sur la chaleur spécifique de l'air atmosphérique à différentes densités, et nous les avons étendues à trois autres gaz, en nous servant toujours du même appareil que nous avons déjà employé dans nos précédentes recherches. Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que notre méthode consiste à juger, par la température plus ou moins élevée qu'acquièrent des volumes égaux de diverses substances gazeuses exposés à la même source de chaleur et placées dans les mêmes circonstances, de leur plus ou moins grande capacité pour le calorique. Le gaz est introduit dans une boule de verre très-mince, fixée à l'extrémité d'un tube recourbé qui plonge par son autre extrémité dans une capsule pleine de mercure ; la colonne de mercure qui s'élève dans le tube détermine par sa hauteur la pression plus ou moins grande à laquelle est soumis ce gaz dont les plus petites variations de température sont indiquées par son augmentation ou sa diminution de

force élastique que rendent sensibles les mouvemens du mercure. On peut, par ce moyen, lorsque la pression à laquelle le gaz est soumis est de 68 à 70 centimètres, apprécier une différence d'un vingt-cinquième de degré centigrade. La boule de verre est renfermée dans une boule de cuivre très-mince et noircie intérieurement, au centre de laquelle elle est placée et dans laquelle on fait le vide; c'est cette boule de cuivre que l'on plonge dans un bain d'eau entretenu à une température constante plus élevée que la température ambiante. La chaleur arrive alors uniquement par rayonnement sur la boule de verre qui renferme le gaz, et toutes les circonstances étant parfaitement semblables pour chacun des gaz qu'on introduit successivement dans la boule, le réchauffement plus ou moins grand qu'ils acquièrent dans le même temps, doit dépendre de leur chaleur spécifique.

Le tableau qui suit indique de combien de degrés se sont réchauffés dans le même temps, savoir, cinq minutes, des volumes égaux d'*air atmosphérique*, d'*acide carbonique*, de *protoxide d'azote* et d'*hydrogène*, soumis successivement à différentes pressions et exposés à une température ambiante de 10° centigrades plus élevée que la leur, c'est-à-dire, de 20°, eux-mêmes ayant été d'abord amenés à 10°. Les degrés de réchauffement ont été calculés en prenant dans chaque cas le rapport entre l'augmentation de force élastique qu'a éprouvé le gaz au bout de cinq minutes et celle qu'il a acquise lorqu'il s'est mis en équilibre de température avec l'eau dont il est entouré, c'est-à-dire, lorsqu'il s'est lui-même réchauffé des dix degrés.

| Gaz soumis à l'expérience. | Pression à laquelle le gaz est soumis. | Réchauffement du gaz dans 5 minutes. |
|---|---|---|
| Air atmosphérique. | 66 centimètres. | 6°,70 |
| | 46 | 7 ,64 |
| | 25 | 8 ,55 |
| Acide carbonique. | 68 centim. | 6°,66 |
| | 55 | 6 ,96 |
| | 42 | 7 ,80 |
| | 27 | 8 ,45 |
| | 17 | 9 ,50 |
| Protoxide d'azote. | 67 centim. | 6°,69 |
| | 50 | 7 ,20 |
| | 37 | 7 ,50? (1) |
| | 27 | 8 ,80 |
| Hydrogène...... | 65 centim. | 7°,00 |
| | 50 | 7 ,40 |
| | 32 | 8 ,10 |
| | 22 | 8 ,60 |

Il résulte de l'inspection de ce tableau, que dans les mêmes circonstances et dans le même temps, un même volume d'un gaz quelconque se réchauffe d'autant plus qu'il est soumis à une pression plus faible, ce qui prouve que la chaleur spécifique des gaz sous le même volume est d'autant moindre qu'ils sont plus raréfiés. Nous n'avons point cherché à calculer les rapports exacts qui rè-

(1) Il s'est évidemment glissé une erreur dans la détermination de ce nombre, qui doit être plus élevé. Nous nous en sommes aperçus trop tard pour refaire l'expérience, notre appareil étant déjà démonté quand nous avons calculé les résultats qu'il nous avait fournis.

gnent entre la force élastique d'un gaz et sa capacité pour le calorique ; il aurait fallu pour cela multiplier beaucoup les expériences et les diriger d'une manière un peu différente. Notre but était seulement pour le moment, et nous croyons l'avoir atteint, de montrer que l'appareil dont nous avions fait usage dans nos précédentes expériences, était assez sensible pour donner des différences entre les chaleurs spécifiques des gaz lorsque ces différences existent, et que, par conséquent, s'il n'en avait point donné entre les divers gaz réduits au même volume et soumis à la même pression, c'est que réellement ils ont tous dans ce cas la même capacité pour le calorique, quelle que soit leur nature chimique.

Nous ne nous sommes pas contentés de cette première preuve de l'exactitude des résultats auxquels nous étions parvenus dans notre précédent travail, mais, reprenant les expériences même qui nous y avaient conduits, nous avons cherché à les répéter en opérant sur des masses beaucoup plus considérables. Dans ce but, nous avons substitué à la boule de verre dont nous nous étions servis jusqu'alors, une autre, beaucoup plus grande et cependant très-mince, puisqu'elle ne pesait qu'un peu moins de 22 grammes, quoiqu'elle pût contenir 0,4 grammes d'air atmosphérique sous la pression de 68 centimètres et à la température de 12° centigrammes, pression et température qui sont celles auxquelles le gaz était soumis dans nos expériences. Le tube recourbé qui établissait la communication entre l'intérieur de la boule et le réservoir de mercure, était de 4 millimètres de diamètre environ, de manière que le mercure pouvait s'y mouvoir librement et obéir facilement aux plus petits change-

mens de force élastique du gaz. Ce tube était interrompu à 12 centimètres environ de distance de la boule, par un robinet de verre qui pouvait s'y ajouter par frottement et sans ciment, et qui permettait de faire le vide dans l'intérieur de la boule et d'y introduire successivement différens gaz. L'absence de tout métal et de tout mastic nous a permis d'opérer sur certains gaz tels que le *chlore* et l'*hydrogène sulfuré*, que nous n'avions pu, du moins le premier, soumettre à l'expérience avec notre précédent appareil. Il faut seulement avoir soin, lorsque l'on opère sur ces gaz, de laisser dans le tube de l'air ordinaire, afin d'éviter un contact immédiat entre eux et la surface supérieure de la colonne de mercure qui serait sans cela tout de suite attaquée. Cette précaution ne peut rien changer aux résultats, vu que la quantité d'air atmosphérique qui reste dans le tube est comme infiniment petite par rapport à la quantité de gaz qui est dans la boule, et que d'ailleurs la légère impureté qui en résulte pour ce gaz, ne pourrait avoir d'influence que dans l'appréciation des chaleurs spécifiques relatives des diverses substances gazeuses, si l'on arrivait à trouver qu'elles diffèrent les unes des autres sous ce rapport.

La nouvelle boule de verre a été placée, comme la précédente, au centre d'un ballon de cuivre de 22 centimètres environ de diamètre, dans lequel on faisait le vide et dont les parois, très-minces, étaient noircies intérieurement. Dans chaque expérience, nous commençons par opérer un vide aussi parfait que possible dans la boule de verre, pour y introduire le gaz que nous y laissons soumis à la pression de 69 centimètres environ; nous faisons ensuite le vide dans la boule de cuivre et

nous la plaçons dans une masse d'eau entretenue constamment à la température de 12°,5 centigrades; nous sommes assurés que le gaz a pris la température de cette eau quand la colonne de mercure, qui est dans le tube, après avoir monté ou descendu, reste pendant quelque temps parfaitement stationnaire. Nous transportons alors rapidement la boule de cuivre dans un second baquet rempli d'eau à la température de 31° centigrades. Aussitôt le gaz, en se réchauffant, augmente de force élastique et fait descendre la colonne de mercure. A partir de l'instant où le réchauffement commence, nous observons, de minute en minute, de combien la colonne de mercure s'abaisse, ce qui nous donne les accroissemens successifs de la force élastique de ce gaz, d'où il est facile de conclure les augmentations correspondantes de sa température. L'expérience faite, nous nous assurons qu'aucune des portions de l'appareil n'a perdu, et nous la recommençons, soit avec le même gaz, soit avec un nouveau que nous introduisons dans la boule de verre, après y avoir fait plusieurs fois le vide pour chasser complètement le premier. Nous n'entrerons pas dans le détail minutieux des précautions que nous avons prises pour rendre les expériences aussi exactes que possible; nous nous bornerons à faire remarquer que nous avons eu soin d'employer des gaz bien purs et bien desséchés et d'opérer sur de grandes masses d'eau que nous agitions continuellement, afin que leur température fût bien la même tout autour de la boule de cuivre qui en était complètement entourée. Chaque expérience a été répétée plusieurs fois, et il n'a pas même été nécessaire, le plus souvent, de prendre des moyens entre les résultats qu'elles nous

ont donnés, tant ils étaient d'accord les uns avec les autres.

Les gaz que nous avons soumis à l'expérience sont : l'*air atmosphérique*, l'*acide carbonique*, le *protoxide d'azote*, l'*hydrogène percarburé* (gaz oléfiant), l'*acide sulfureux*, l'*hydrogène sulfuré*, le *chlore* et *l'hydrogène*. Nous avons commencé par les gaz que nous venons de nommer qui nous semblaient différer le plus les uns des autres par leurs propriétés physiques et chimiques. Comme les résultats qu'ils nous ont donnés ont été parfaitement semblables les uns aux autres, nous n'avons pas cru devoir étendre nos recherches aux autres substances gazeuses que nous avions d'ailleurs déjà examinées sous ce rapport dans notre précédent travail.

Le tableau qui suit peut donner une idée exacte de chacune de nos expériences. La première colonne contient les noms des gaz sur lesquels on opère; la seconde indique au bout de combien de minutes chaque observation est faite à partir de l'instant où le réchauffement a commencé, c'est-à-dire, à partir de l'instant où la boule de cuivre a passé de l'eau à 12°,5 dans celle à 31°; la troisième renferme le nombre de millimètres dont le volume de mercure s'abaisse, soit les accroissemens de force élastique du gaz correspondans à chacune des époques de l'observation; enfin la 4me colonne donne, en degrés centigrades, les réchauffemens du gaz, déduits des augmentations correspondantes de sa force élastique. L'élévation de température est facile à calculer dans chaque cas, en se rappelant qu'à la pression de 69 à 70 centimètres à laquelle les gaz sont soumis, chaque degré centigrade correspond, comme il est facile de le démontrer, à une différence de

$2^m,5$ dans la force élastique, soit à 25 des divisions de notre échelle qui donne très-exactement les dixièmes de millimètres; d'où il résulte que nous pouvons facilement apprécier dans le réchauffement une différence de $\frac{1}{25}$, soit 0,04 de degré centigrade.

| Gaz soumis à l'expérience. | Epoques des observations. | Accroissemens de la force élastique du gaz. | Réchauffemens du gaz déduits des accroissemens correspondans de sa force élastique. |
|---|---|---|---|
| | | millim. | cent. |
| Air atmosphérique. | 2 minutes. | 23,0 | 9°,20 |
| | 3 | 28,1 | 11 ,24 |
| | 4 | 31,5 | 12 ,60 |
| | 5 | 33,5 | 13 ,40 |
| | 6 | 34,6 | 13 ,84 |
| | 7 | 35,4 | 14 ,16 |
| | 8 | 36,0 | 14 ,40 |
| Acide carbonique. | 2 minutes. | 23,0 | 9°,20 |
| | 3 | 28,0 | 11 ,20 |
| | 4 | 31,5 | 12 ,60 |
| | 5 | 33,7 | 13 ,48 |
| | 6 | 34,7 | 13 ,88 |
| | 7 | 35,5 | 14 ,20 |
| | 8 | 35,9 | 14 ,36 |
| Protoxide d'azote. | 2 minutes. | 23,0 | 9°,20 |
| | 3 | 28,0 | 11 ,20 |
| | 4 | 31,3 | 12 ,52 |
| | 5 | 33,4 | 13 ,36 |
| | 6 | 34,5 | 13 ,80 |
| | 7 | 35,5 | 14 ,20 |
| | 8 | 36,0 | 14 ,40 |
| Hydrog. percarburé (gaz oléfiant). | 2 minutes. | 23,0 | 9°,20 |
| | 3 | 28,0 | 11 ,20 |
| | 4 | 31,5 | 12 ,60 |
| | 5 | 33,1 ? | 13 ,24 ? |
| | 6 | 34,5 | 13 ,80 |

| Gaz soumis à l'expérience. | Epoques des observations. | Accroissemens de la force élastique du gaz. | Réchauffemens du gaz déduits des accroissemens correspondans de sa force élastique. |
|---|---|---|---|
| | | millim. | cent. |
| Acide sulfureux... | 2 minutes. | 23,0 | 9°,20 |
| | 3 | 28,0 | 11 ,20 |
| | 4 | 31,5 | 12 ,60 |
| Hydrogène sulfuré. | 2 minutes. | 23,0 | 9°,20 |
| | 3 | 28,1 | 11 ,24 |
| | 4 | 31,7 | 12 ,68 |
| Chlore.......... | 2 minutes. | 22,9 | 9°,16 |
| | 3 | 28,0 | 11 ,20 |
| | 4 | 31,6 | 12 ,64 |
| | 5 | 33,5 | 13 ,40 |
| | 6 | 34,4 | 13 ,76 |
| Hydrogène...... | 2 minutes. | 23,6 | 9°,44 |
| | 3 | 29,0 | 11 ,60 |
| | 4 | 32,0 | 12 ,80 |
| | 5 | 33.8 | 13 ,52 |
| | 6 | 34,7 | 13 ,88 |
| | 7 | 35,5 | 14 ,20 |
| | 8 | 36,1 | 14 ,44 |

Il faut observer sur ce tableau, 1° que, pour certains gaz tels que l'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré et le chlore, nous n'avons pas pu pousser les observations aussi loin que pour les autres, à cause de la difficulté que nous avons éprouvée à empêcher qu'au bout d'un certain temps ils ne se mélangeassent complètement avec l'air que nous avions laissé dans le tube, et ne vinssent attaquer la surface de la colonne de mercure; en effet, dès que nous apercevions la plus légère trace d'action, nous étions obligés de cesser l'observation de peur de ne

pouvoir mesurer exactement la surface du mercure ; 2° que celle des observations relatives au gaz oléfiant faite au bout des cinq minutes, est réellement erronée, comme le prouve l'accord des autres avec les résultats correspondans obtenus pour les autres gaz ; 3° que les degrés de réchauffement observés pour le gaz hydrogène diffèrent trop de ceux qui ont été obtenus pour les autres gaz, pour qu'on puisse attribuer cette différence à une simple erreur ; mais qu'il existe une autre cause à laquelle elle est due, et sur laquelle nous reviendrons.

Si nous comparons entre eux les résultats fournis par le tableau qui précède, nous voyons que des volumes égaux de tous les gaz que nous avons soumis à l'expérience, non compris l'hydrogène, ont acquis, au bout du même temps, une même augmentation de force élastique et par conséquent un même accroissement de température. Ainsi, au bout de deux minutes, leur force élastique a augmenté de 23 millimètres, et par conséquent leur température s'est élevée de 9°,20 ; pour le chlore seulement, l'augmentation de force élastique n'a été que de 22$^{m}$,9, ce qui correspond à un réchauffement de 9°,16. La différence de quatre centièmes est trop petite pour qu'on puisse l'attribuer à autre chose qu'à une erreur d'expérience ; c'est ce que prouvent d'ailleurs les autres résultats obtenus pour le chlore, et qui sont tels que leur différence, par rapport aux autres gaz, est nulle ou en sens contraire. Au bout de trois minutes, l'augmentation de force élastique a été pour l'air et pour l'hydrogène sulfuré de 28$^{m}$,1, et pour les autres gaz de 28,0, ce qui correspond à un réchauffement, pour les deux premiers, de 11°,24, et pour les derniers de 11°,20.

En poursuivant de semblables comparaisons, on trouve que, dans les cas peu nombreux où il y a des différences entre les degrés de réchauffement observés pour les divers gaz au bout d'un même temps, ces différences rapportées à l'air atmosphérique ne sont que de 0,04 de degré, excepté dans deux seuls cas où elles se sont élevées à 0,08; et comme elles sont tantôt en plus, tantôt en moins pour le même gaz, elles disparaissent si l'on prend une moyenne entre les expériences faites au bout des temps différens.

Il nous paraît bien prouvé maintenant par la suite des expériences dont nous venons d'exposer les détails, que des volumes égaux de différens gaz, placés dans les mêmes circonstances, acquièrent, dans le même temps, le même degré de réchauffement; résultat qu'on ne peut expliquer qu'en admettant ou que ces gaz ont la même chaleur spécifique, ou que l'appareil n'est pas assez sensible pour nous faire apercevoir les différences dans le degré de réchauffement, si réellement elles existent. La dernière supposition nous paraît tout-à-fait invraisemblable, vu que la boule de verre pesant un peu moins de 22 grammes, et pouvant contenir $0^{g},4$ d'air atmosphérique, ne peut à elle seule absorber tout le calorique et rendre nulle l'influence du gaz sous ce rapport. En effet, le volume constant du gaz dont le poids variable dépend de la pesanteur spécifique qui lui est propre, est assez considérable pour qu'une différence de quatre centièmes de degré dans son degré de réchauffement comparé à celui d'un autre, n'en produise pas une d'un dixième dans leur chaleur spécifique relative. C'est ce qu'il est facile de démontrer par la formule des chaleurs

spécifiques, en supposant que le calorique rayonnant qui arrive sur la boule de verre, se répartisse proportionnellement à leurs masses et à leurs chaleurs spécifiques entre la boule et le gaz qu'elle renferme. On voit en effet qu'en calculant ainsi la capacité relative de deux gaz pour le calorique dans les cas où les degrés de réchauffement observés dans les mêmes temps sont différens, on arrive à deux nombres dont l'un ne diffère de l'autre que d'un dixième. En mettant donc de côté les observations qui donnent une identité parfaite dans les degrés de réchauffement, en ne tenant compte que de celles beaucoup moins nombreuses qui donnent une différence, on parvient néanmoins à montrer que, si les chaleurs spécifiques des gaz diffèrent entre elles, elles ne peuvent différer que d'un dixième.

Quant à la faculté conductrice de chaque gaz pour le calorique, il paraît que, l'hydrogène excepté, elle diffère fort peu, comme d'autres faits l'avaient déjà démontré, et que les différences de température et les masses de gaz n'étaient pas dans nos expériences assez considérables pour qu'elle pût exercer une influence dans la vitesse du réchauffement. Il n'y a que l'hydrogène pour lequel cette influence ait été sensible d'une manière évidente, puisqu'au bout de deux minutes, il s'est réchauffé de 9°,44 au lieu de 9°,20; au bout de 3 minutes, de 11°,60 au lieu de 11°,24; au bout de 4 minutes, de 12°,80, au lieu de 12°,60, etc.; ce n'est qu'au bout de 6 minutes que son réchauffement est devenu à peu près semblable à celui des autres gaz, parce que la différence entre sa propre température et celle de l'enceinte devenant beaucoup moindre, l'effet de sa plus

grande conductibilité a dû disparaître. D'autres recherches antérieures aux nôtres avaient déjà montré la faculté que possède l'hydrogène de se mettre beaucoup plus rapidement que les autres gaz en équilibre de température avec les corps ambians : c'est donc bien à cette circonstance et non pas à une autre cause, telle qu'une différence de chaleur spécifique, qu'il faut attribuer la vitesse plus grande de son réchauffement dans les premiers instans.

On pourrait peut-être tirer des expériences qui précèdent, la conséquence que l'influence qu'exerce la conductibilité différente des gaz n'est pas nulle, mais que le réchauffement est le même pour tous, parce que *le pouvoir conducteur est dans chacun d'eux proportionnel à la chaleur spécifique qu'il possède* : c'est-à-dire, que le gaz qui tendrait à se réchauffer le plus vite à cause de sa plus grande conductibilité, aurait une plus grande capacité pour le calorique, ce qui ferait qu'en définitive son réchauffement ne serait pas plus prompt. Nous ne croyons pas nécessaire de discuter cette conséquence qui ne peut être admise : 1° parce que toutes les expériences qui ont été faites jusqu'à présent montrent que les gaz diffèrent très-peu entre eux sous le rapport de la conductibilité, et que, vu la manière dont nos expériences ont été dirigées, cet élément ne peut exercer aucune influence ; 2° parce que cette conséquence nous conduirait, pour des chaleurs spécifiques des gaz, à des résultats trop opposés à ceux auxquels ont conduit les expériences antérieures, pour qu'on pût les admettre; 3° enfin, parce que l'exemple de l'hydrogène en faisant une exception à cette loi hypothétique, montre que, lorsque la

différence de conductibilité est réellement un peu grande, elle exerce une influence facile à apprécier.

Qu'il nous soit permis de citer encore en preuve de la sensibilité de notre appareil, la manière exacte dont il indique par un réchauffement plus rapide le pouvoir conducteur plus considérable de l'hydrogène. Si la boule de verre exerçait seule une influence sensible sur ce réchauffement, et que la masse du gaz intérieur fût trop petite pour y influer en quoi que ce soit, on ne devrait voir aucune différence entre la température acquise dans les mêmes circonstances et au bout du même temps, par l'hydrogène ou par un gaz moins conducteur.

Nous croyons donc pouvoir tirer des nouvelles recherches que nous venons d'exposer, les mêmes conclusions que nous avions déjà énoncées dans notre précédent Mémoire :

1° Que, sous la même pression et sous le même volume, tous les gaz ont la même chaleur spécifique ;

2° Que, sous le même volume, un même gaz a d'autant moins la chaleur spécifique, que la pression à laquelle il est soumis est moindre.

---

## Réflexions *sur le procédé proposé par M.* James Smittson, *pour découvrir de très-petites quantités de sublimé corrosif ou d'un sel mercuriel ;*

Par M. Orfila.

Nous devons à M. James Smittson un procédé à l'aide duquel il est possible, suivant lui, de découvrir des atomes d'un sel mercuriel. En plongeant, dit-il, dans la

dissolution suspecte une sorte de petite pile électrique composée d'une lame ou d'un anneau d'or que l'on a préalablement recouvert en spirale d'une feuille d'étain roulée, et en ajoutant une ou deux gouttes d'acide hydrochlorique, on verra au bout de quelques minutes ou de plusieurs heures, suivant qu'il y a plus ou moins de sublimé corrosif en dissolution, le mercure du sublimé se porter au pôle résineux sur l'or et le *blanchir;* il suffira ensuite de chauffer la lame ou l'anneau d'or pour volatiliser le mercure, et faire reprendre la couleur jaune à la portion blanchie. M. Nicole, pharmacien à Dieppe, a déjà eu occasion de faire une heureuse application de ce procédé dans un cas d'empoisonnement par le sublimé corrosif, où la présence de ce corps était d'ailleurs facile à prouver par d'autres réactifs.

Mais, s'il est vrai qu'à l'aide de cette petite pile on peut découvrir des atomes d'un sel mercuriel dans une liqueur, n'est-il pas également vrai que l'appareil dont il s'agit est susceptible de nous induire en erreur, en se comportant avec une dissolution qui ne contient point de mercure, comme il le faisait avec un sel mercuriel? Nous n'hésitons pas à répondre par l'affirmative, et nous nous appuyons sur les faits suivans:

1° Un sirop sudorifique, dit *régénérateur du sang*, ayant été soumis dernièrement à notre examen, nous le traitâmes par les réactifs propres à déceler les plus petites traces de dissolution mercurielle. Voyant qu'aucun de ces agens ne manifestait la présence du mercure, on eut recours à la petite pile composée d'or et d'étain, après avoir, comme l'indique M. Smittson, ajouté quelques gouttes d'acide hydrochlorique. Au bout de deux heures, le premier de ces métaux offrait des plaques blanches semblables à celles qu'aurait fait naître une faible dissolution mercurielle; et, en le chauffant, il reprenait sa couleur jaune, comme cela a lieu lorsqu'on chauffe de l'or blanchi par du mercure. Nous étions fortement disposés à conclure que le sirop régénérateur contenait une préparation mercurielle, *et pourtant il n'en renferme pas*. Pour acquérir la certitude que le blanchîment de la lame d'or dépendait d'une autre cause que de l'application d'une couche de mercure métallique,

de mercure non susceptible de se combiner avec l'or : aussi n'y avait-il pas eu combinaison entre ces deux corps, mais seulement application de l'un sur l'autre ;

6° La même expérience fut répétée en suspendant la lame d'étain au milieu de la liqueur, et en mettant au fond du verre la lame d'or : les résultats furent les mêmes.

Dès qu'il était prouvé que, pour obtenir l'application du mercure sur la lame d'or et le blanchîment de celle-ci, il fallait absolument faire usage de la petite pile et renoncer à l'emploi des deux lames séparées, il devenait important de savoir s'il ne serait pas possible de reconnaître que la lame d'or de la petite pile devait sa couleur blanche au mercure plutôt qu'à l'étain.

Pour résoudre cette question, on traita comparativement par une goutte d'eau régale deux taches blanches produites sur l'or, l'une par le mercure, l'autre par l'étain : l'or reprit sa couleur jaune dans l'un comme dans l'autre cas ; mais la quantité de matière attaquée par l'acide était trop faible pour qu'il fût possible de déterminer s'il s'était formé un sel de mercure. Nul doute que cela se pourrait, si les taches étant excessivement épaisses, on pouvait, à l'aide de l'acide nitrique ou de l'eau régale, obtenir une dissolution contenant une quantité sensible de sel. On eut recours à l'acide *hydrochlorique* concentré et pur, qui, étant appliqué sur la lame d'or blanchie par l'étain, ne tarda pas à dissoudre tout l'étain, et l'or reprit sa couleur jaune, tandis que les *portions* de la lame d'or qui avaient été blanchies par le mercure, résistèrent à l'action de l'acide, conservèrent leur couleur blanche-grisâtre, même au bout de vingt-quatre heures (1). L'acide hydrochlorique peut

---

(1) Il est à remarquer que, lorsque la petite pile est restée dans une dissolution mercurielle, et que la lame d'or a été blanchie *dans toute son étendue*, les portions de cette lame, que l'étain recouvrait, sont blanchies par de l'étain, tandis que les autres le sont par du mercure : or, celles-ci *seulement* résistent à l'action de l'acide hydrochlorique.

donc servir à reconnaître si la lame d'or de la petite pile est blanchie par du mercure ou par de l'étain.

Mais un moyen bien plus certain d'y parvenir, consiste à placer la lame d'or au fond d'un petit tube de verre, après l'avoir roulée pour qu'elle occupe moins d'espace. En chauffant, le *mercure se volatilise* et vient se condenser à la partie supérieure du tube, dont l'extrémité a été préalablement tirée à la lampe; tandis qu'on n'obtient rien de semblable si l'or est blanchi par l'étain.

Nous n'hésitons pas à conclure, d'après ce qui précède, 1° que le petit appareil imaginé par M. James Smittson, pour découvrir de très-petites quantités de sublimé corrosif, ne peut servir à déceler des atomes d'une préparation mercurielle dans une liqueur suspecte, *qu'autant qu'on retire du mercure métallique par la distillation de la lame d'or*, parce que ce petit appareil se comporte, à très-peu de chose près, de la même manière, lorsqu'on le place dans des liqueurs *non mercurielles*, légèrement acides, ou qui contiennent seulement une petite quantité de sel commun; 2° qu'à la vérité, la manière différente d'agir de l'acide hydrochlorique concentré et pur sur la lame d'or blanchie par le mercure ou par l'étain, peut déjà faire croire que cette lame est plutôt recouverte par l'un que par l'autre de ces métaux; 3° que les experts seraient blâmables, si, dans l'état actuel de la science, ils continuaient à regarder, ainsi que l'avait conseillé M. Smittson, comme preuve de l'existence d'une préparation mercurielle, le simple blanchîment de la lame d'or de la petite pile, et la possibilité de lui faire recouvrer la couleur jaune par l'action de la chaleur; 4° que, pour acquérir cette preuve, il faut d'abord traiter la lame d'or par l'acide hydrochlorique concentré et *pur*, puis recourir à la distillation, après l'avoir lavée : par ce moyen, on pourra continuer à se servir avantageusement de la petite pile électrique, qui est, sans contredit, le réactif le plus sensible pour découvrir les plus petites traces d'un sel mercuriel.

(*Journal de Chimie médicale*, *etc.*, n° 6, 1829.)

---

**Programmes** *des prix proposés par l'Académie royale des Sciences, pour les années* 1830 *et* 1831.

*Grand prix de mathématiques, pour* 1830.

L'Académie rappelle qu'elle a proposé, pour le concours des années 1828 et 1829, un prix qui sera décerné dans la séance publique du mois de juin 1830.

Afin de donner plus d'extension et de variété aux travaux sur lesquels le choix pourrait porter, l'Académie a arrêté que le prix sera décerné à celui des ouvrages, ou manuscrits ou imprimés, qui présentera l'application la plus importante des théories mathématiques, soit à la physique générale, soit à l'astronomie, ou qui contiendrait une découverte analytique très-remarquable. On considérera comme admises à ce concours, toutes les pièces qui auront été rendues publiques, ou séparément, ou dans des recueils scientifiques, depuis le 1er janvier 1828 jusqu'au 1er janvier 1830, et qui seront parvenues à la connaissance de l'Académie; le concours sera établi entre ces pièces et les Mémoires, ou imprimés ou manuscrits, que les auteurs auraient adressés ou remis au secrétariat de l'Institut, soit qu'ils aient fait connaître leur nom, soit que le nom soit inscrit dans un billet cacheté. Dans ce cas, le billet ne sera ouvert, suivant l'usage, que si la pièce est couronnée.

Le prix consistera dans une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Les ouvrages ou Mémoires adressés par les auteurs devront être remis au secrétariat de l'Institut, avant le 1er mars 1830.

Ce terme est de rigueur.

*Grand Prix de mathématiques, pour* 1830.

L'Académie rappelle qu'elle a proposé pour sujet du prix de mathématiques qu'elle devait adjuger en 1828, *d'examiner dans ses détails le phénomène de la résistance des fluides, en déterminant avec soin par des expériences exactes, les pressions que supportent sépa-*

*rément un grand nombre de points convenablement choisis sur les parties antérieures, latérales et postérieures d'un corps, lorsqu'il est exposé au choc de ce fluide en mouvement, et lorsqu'il se meut dans le même fluide en repos; mesurer la vitesse de l'eau en divers points des filets qui avoisinent le corps; construire sur les données de l'observation les courbes que forment ces filets; déterminer le point où commence leur déviation en avant du corps; enfin établir, s'il est possible, sur les résultats de ces expériences, des formules empiriques, que l'on comparera ensuite avec l'ensemble des expériences faites antérieurement sur le même sujet.*

L'Académie n'a pu décerner ce prix à aucune des pièces qui ont été envoyées au concours précédent. Toutefois, la même question de la résistance des fluides n'est point exclue de celles qui pourraient être traitées pour le concours actuel. Cette question est nommément comprise parmi les diverses autres recherches mathématiques auxquelles le prix pourra être adjugé, conformément à l'énoncé du présent programme du grand prix de mathématiques proposé pour les années 1829 et 1830.

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du mois de juin 1830.

Les ouvrages ou Mémoires adressés par les auteurs devront être remis au secrétariat de l'Institut, avant le 1er mars 1830.

Ce terme est de rigueur.

*Grand prix des sciences naturelles, pour* 1830.

L'Académie rappelle qu'elle a proposé comme sujet du prix des sciences naturelles, qui sera distribué dans la séance publique du premier lundi de juin 1830 :

*Une description, accompagnée de figures suffisamment détaillées, de l'origine et de la distribution des nerfs dans les poissons.*

On aura soin de comprendre dans ce travail au moins un poisson chondroptérygien, et, s'il est possible, une lamproie, un acanthoptérygien thoracique, et un malacoptérygien abdominal.

Rien n'empêchera que ceux qui en auront la facilité ne multiplient les espèces sur lesquelles porteront leurs observations; mais ce que l'on désire surtout, c'est que le nombre des espèces ne nuise pas au détail et à l'exactitude de leurs descriptions; et un travail qui se bornerait à trois espèces, mais qui en exposerait plus complètement les nerfs, serait préféré à celui qui, embrassant des espèces plus nombreuses, les décrirait plus superficiellement.

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut, avant le 1er janvier 1830. Ce terme est de rigueur.

### *Grand prix des sciences naturelles*, pour 1831.

L'Académie remet, pour la troisième fois, au concours le sujet suivant :

*Faire connaître, par des recherches anatomiques et à l'aide de figures exactes, l'ordre dans lequel s'opère le développement des vaisseaux, ainsi que les principaux changemens qu'éprouvent en général les organes destinés à la circulation du sang chez les animaux vertébrés, avant et après leur naissance, et dans les diverses époques de leur vie.*

Pour indiquer l'importance que l'Académie doit mettre à la solution de cette question, il suffira de rappeler les faits suivans :

On a suivi le développement des vaisseaux veineux et artériels dans les œufs des oiseaux fécondés et soumis à l'incubation : on a décrit l'ordre successif dans lequel ces canaux se manifestent, les révolutions que les uns subissent en s'oblitérant; les autres, en se produisant en même temps que les organes destinés à la respiration et aux diverses sécrétions.

On a reconnu aussi que, chez les embryons des mammifères, l'arrangement des parties destinées à la circulation est modifié par des dispositions transitoires qui s'effacent presque complètement dans l'âge adulte; que dans cette classe d'animaux le foie, les poumons et

d'autres organes encore se développent plus ou moins tardivement, et varient suivant les âges, et même d'après la manière de vivre de quelques espèces : chacune de ces circonstances avait nécessité un tout autre mode de circulation.

Ces modifications ont été surtout reconnues et appréciées dans ces derniers temps chez quelques reptiles, comme les batraciens dont l'existence et l'organisation avec telle ou telle forme pouvaient se prolonger ou s'abréger, sous l'influence de certaines conditions qui entraînent la permanence ou l'oblitération des organes destinés à leurs modes successifs de respiration et de circulation.

On a même annoncé tout récemment avoir retrouvé des traces de changemens analogues dans les embryons des animaux à sang chaud.

Enfin, on a peu de notions sur les faits que pourra offrir à la science l'organisation des poissons étudiés sous les rapports que demande le programme.

En appliquant donc à une ou à plusieurs espèces de chacune des classes établies parmi les animaux vertébrés les recherches que l'Académie sollicite, les concurrens fourniront des faits précieux pour la science de l'organisation.

Le prix accordé à l'auteur du meilleur Mémoire sur ce sujet, sera une médaille d'or de la valeur de *quatre mille francs*, qui sera décernée dans la séance publique du mois de juin de l'année 1831.

Les Mémoires, écrits en français ou en latin, devront être remis au secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier de la même année. Les concurrens se soumettront d'ailleurs à toutes les conditions exigées : savoir, d'adresser, franc de port, leur Mémoire avec une épigraphe répétée sur une enveloppe cachetée qui contiendra leur nom, et de faire l'abandon de leur manuscrit, dont ils auront cependant la liberté de faire prendre des copies.

*Prix fondé par feu M.* Alhumbert, *pour* 1831.

L'Académie avait proposé la question suivante :

*Exposer d'une manière complète, et avec des figures, les changemens qu'éprouvent le squelette et les muscles des grenouilles et des salamandres dans les différentes époques de leur vie.*

Aucun Mémoire n'ayant été couronné, l'Académie soumet de nouveau la même question aux recherches des anatomistes ; elle a cru devoir prolonger le temps accordé aux concurrens, et réunir en un seul prix les arrérages du legs de M. Albumbert. On expose ici quelques-uns des motifs qui peuvent exciter le zèle et le talent de l'observation dans ces sortes de recherches.

Tous les animaux qui ont des vertèbres éprouvent, pendant la durée de leur existence, des changemens notables dans leur configuration et dans la plupart de leurs organes destinés aux sensations, aux mouvémens, à la nutrition, à la circulation, à la respiration ; mais ces transformations ont lieu le plus souvent lorsqu'ils sont encore renfermés dans l'œuf, et alors leur état de mollesse et la difficulté de les observer apportent de grands obstacles aux recherches.

Parmi ces animaux à vertèbres, un ordre entier de la classe des reptiles, celui qui comprend les grenouilles et les salamandres, présentent un mode de développemens analogue, mais beaucoup plus curieux et plus facile à suivre, parce qu'il s'opère assez lentement et sous nos yeux. C'est une sorte de métamorphose plus ou moins analogue à celle qu'éprouvent les insectes. L'animal qui sort de la coque molle, déposée dans l'eau où son germe a été fécondé après la ponte, se trouve dans le cas de tous les poissons. Forcé de vivre dans un milieu liquide, il y respire par des branchies ; il s'y meut à l'aide d'une longue échine, comprimée en une seule nageoire verticale que meuvent des muscles latéraux, et tout son squelette est approprié à ce genre de vie. Les organes des sens sont situés, disposés autrement qu'ils ne le seront par la suite ; car la bouche, les viscères auront une autre position, d'autres formes, des dimensions tout-à-fait différentes. A une époque déterminée du développement, l'animal change successivement de formes, d'habitudes, de genre de vie ; d'aqua-

tique qu'il était, il devient aérien; car ses appareils respiratoires qui font parties du squelette sont tout-à-fait modifiés dans les faisceaux de fibres musculaires destinés à les mouvoir. L'animal perd souvent sa queue de poisson, ainsi que les muscles qui la faisaient agir comme une rame. Il prend des membres articulés, composés de pièces osseuses que l'on voit se former, se régénérer même à volonté, ainsi que les autres organes destinés à produire un mode de locomotion tout-à-fait différent.

L'animal, sans cesser d'être lui, a tout-à fait changé de forme, d'organisation, de facultés, de mœurs. Il offre donc, par une réunion de circonstances les plus heureuses, une sorte d'expérience toute faite, pour nous apprendre comment un poisson forcé de vivre dans l'eau, d'y respirer et de s'y mouvoir, pourra devenir un quadrupède aérien, dont les sens, les habitudes, la manière de vivre, et surtout (et c'est le seul point sur lequel l'Académie demandera des détails) comment le mécanisme des mouvemens a pu changer d'une manière si notable; car, sous ce rapport, un même animal nous offre deux organisations diverses et successives pendant lesquelles on peut observer une désorganisation partielle et une sur-organisation.

D'après ces considérations, l'Académie propose au concours un prix de 1500 francs, lequel sera décerné, dans la séance publique du mois de juin 1831, au meilleur Mémoire sur la question suivante :

*Déterminer à l'aide d'observations, et démontrer, par des préparations anatomiques et des dessins exacts, les modifications que présentent, dans leur squelette et dans leurs muscles, les reptiles batraciens, tels que les grenouilles et les salamandres, en passant de l'état de larve à celui d'animal parfait.*

Le prix consistera dans une médaille d'or de la valeur de *quinze cents francs*.

Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut, avant le 1er avril 1831 : les noms des auteurs dans des billets cachetés, comme à l'ordinaire.

Le terme est de rigueur.

*Prix de Physiologie expérimentale, fondé par M.* de Montyon.

L'Académie annonce qu'elle adjugera une médaille d'or de la valeur de *huit cent quatre-vingt-quinze francs*, à l'ouvrage imprimé, ou manuscrit, qui lui paraîtra avoir le plus contribué aux progrès de la Physiologie expérimentale.

Le prix sera décerné dans la séance publique du 1er lundi de juin 1830.

*Prix de Mécanique fondé par M.* de Montyon.

Ce prix sera adjugé à celui qui, au jugement de l'Académie royale des sciences, s'en sera rendu le plus digne, en inventant ou en perfectionnant des instrumens utiles aux progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences.

Ce prix sera une médaille d'or, de la valeur de *mille francs*. Les ouvrages ou Mémoires adressés par les auteurs, ou, s'il y a lieu, les modèles des machines ou des appareils, devront être envoyés francs de port au secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1830.

*Prix divers du legs* Montyon.

Conformément au testament de feu M. le baron Auget de Montyon, et aux ordonnances royales du 29 juillet 1821, et du 2 juin 1824, la somme annuelle résultant des legs dudit baron de Montyon pour récompenser les perfectionnemens de la médecine et de la chirurgie, sera employée, en un ou plusieurs prix à décerner par l'Académie royale des sciences, à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages ou découvertes qui seront jugés les plus utiles à l'art de guérir.

La somme annuelle provenant du legs fait par le même testateur en faveur de ceux qui auront trouvé les moyens de rendre un art ou un métier moins insalubre, sera également employée en un ou plusieurs prix à décerner par l'Académie aux ouvrages ou découvertes qui auront

paru les plus utiles et les plus propres à concourir au but que s'est proposé le testateur.

L'Académie a jugé nécessaire de faire remarquer que les prix dont il s'agit ont expressément pour objet des découvertes et inventions propres à perfectionner la médecine ou la chirurgie, et qui diminueraient autant que possible les dangers des diverses professions ou arts mécaniques.

Les pièces admises au concours n'auront droit aux prix qu'autant qu'elles contiendraient une découverte parfaitement déterminée.

Si la pièce a été produite par l'auteur, il devra indiquer la partie de son travail où cette découverte se trouve exprimée : dans tous les cas, la commission chargée de l'examen du concours fera connaître que c'est à la découverte dont il s'agit, que le prix est donné.

Les sommes qui seront mises à la disposition des auteurs des découvertes ou des ouvrages couronnés, ne peuvent être indiquées d'avance avec précision, parce que le nombre des prix n'est pas déterminé; mais les libéralités du fondateur et les ordres du Roi ont donné à l'Académie les moyens d'élever ces prix à une valeur considérable; en sorte que les auteurs soient dédommagés des expériences ou recherches dispendieuses qu'ils auraient entreprises, et reçoivent des récompenses proportionnées aux services qu'ils auraient rendus, soit en prévenant ou diminuant beaucoup l'insalubrité de certaines professions, soit en perfectionnant les sciences médicales.

Les ouvrages adressés par les auteurs devront être envoyés au secrétariat de l'Institut, avant le 1er janvier 1830.

Le jugement de l'Académie sera annoncé à la séance publique du premier lundi de juin de l'année 1830.

*Prix de Statistique, fondé par M.* de Montyon.

Parmi les ouvrages qui auront pour objet une ou plusieurs questions relatives à la statistique de la France, celui qui, au jugement de l'Académie, contiendra les

recherches les plus utiles, sera couronné dans la première séance publique. On considère comme admis à ce concours les Mémoires envoyés en manuscrit, et ceux qui, ayant été imprimés et publiés, seront parvenus à la connaissance de l'Académie; sont seuls exceptés les ouvrages de ses membres résidens.

Les ouvrages que les auteurs jugeraient convenables d'adresser, devront être envoyés, francs de port, au secrétariat de l'Institut avant le 1^er^ janvier 1830.

Le prix consistera en une médaille d'or équivalente à la somme de *cinq cents francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1830.

---

Les concurrens sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages qui auront été envoyés au concours; mais les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies.

---

## Annonce *des prix décernés par l'Académie royale des Sciences, pour l'année* 1829.

### 1°. *Grand prix de sciences mathématiques, remis au concours pour l'année* 1829.

Le prix relatif au calcul des perturbations du mouvement elliptique des comètes n'ayant point été décerné en 1827,

L'Académie a proposé le même sujet dans les termes suivans pour l'année 1829 : *On appelle l'attention des géomètres sur cette théorie, afin de donner lieu à un nouvel examen des méthodes, et à leur perfectionnement. L'Académie demande, en outre, qu'on fasse l'application de ces méthodes à la comète de 1759, et à l'une des deux autres comètes dont le retour périodique est déjà constaté.*

L'Académie a reçu, dans le délai indiqué, une pièce qui porte pour épigraphe : *Vitam impendere vero*, et qui a été jugée digne du prix. L'auteur est M. Gustave

de Pontécoulant, ancien élève de l'Ecole polytechnique, capitaine au Corps royal d'état-major.

2°. *Grand prix de sciences naturelles, remis au concours pour l'année* 1829.

L'Académie avait proposé le sujet suivant, pour le prix de physique qu'elle devait décerner dans la séance publique de juin 1829:

*Présenter l'histoire générale et comparée de la circulation du sang dans les quatre classes d'animaux vertébrés, avant et après la naissance, et à différens âges.*

Un seul Mémoire a été envoyé au concours, et la commission a pensé que cette pièce ne devait point être couronnée; mais elle a proposé d'accorder à l'auteur de cet ouvrage, enregistré n° 1, portant pour épigraphe : *Natura non facit saltus*, Lin., une somme de *deux mille francs*, à titre d'encouragement.

L'Académie a adopté cette proposition.

L'auteur est M. Savatier, docteur en médecine, à Paris.

3°. *Prix d'astronomie, fondé par* M. de Lalande.

L'Académie n'a point décerné cette année la médaille fondée par M. de Lalande; la valeur de ce prix, réunie à celui de l'année suivante, formera la somme de 1270 francs pour le prix d'astronomie de l'année 1830.

4°. *Prix de mécanique, fondé par M. le baron* de Montyon.

La commission nommée pour l'examen des pièces du concours propose d'accorder un prix de *quinze cents francs* au Mémoire de M. Thilorier, auteur d'une nouvelle pompe à compression, dans laquelle le gaz n'arrive au réservoir qu'après avoir subi l'action de plusieurs pistons.

Une mention honorable est accordée au Mémoire de M. Colladon, sur les roues à aubes destinées aux bateaux à vapeur.

L'Académie a adopté ces propositions.

5°. *Prix fondé par* M. de Montyon, *en faveur de celui qui aura découvert les moyens de rendre un art ou un métier moins insalubre.*

L'Académie a reçu six pièces pour le concours de ce prix, dont trois ont le même objet, savoir, de rendre l'art du tisserand moins insalubre, en donnant à l'ouvrier qui le pratique le moyen de travailler, non plus dans des caves que l'humidité d'une atmosphère stagnante, et le défaut de lumière, rendent si malsaines, mais dans des lieux secs que le soleil éclaire, et où l'air se renouvelle.

Le travail le plus ancien sur cet objet est celui de M. Dubuc, pharmacien à Rouen. Il fut publié en 1820, et en 1827 l'auteur l'adressa à l'Académie. La commission, en le mentionnant honorablement, ne pensa point que la question fût assez éclairée pour que ce travail pût être couronné; elle proposa de différer jusqu'à l'année suivante, afin de se procurer tous les renseignemens nécessaires sur la composition des meilleurs paremens employés dans nos manufactures. Le parement de M. Dubuc est très-simple et peu coûteux à préparer; il est très-blanc, ce qui permet de l'employer pour tisser toutes sortes de toiles. En outre, ses avantages sont constatés par des certificats d'un assez grand nombre de tisserands, par M. Houttou-de-la-Billardière, qui a professé à Rouen la chimie appliquée aux arts; par M. Gréau, manufacturier à Troyes, qui l'a employé avec succès dans son établissement; enfin, par une circulaire du préfet de la Seine-Inférieure, qui en recommande l'usage à ses administrés.

En conséquence, l'Académie, sur la proposition de sa commission, a décerné à M. Dubuc un prix de *trois mille francs*, pour avoir répandu, le premier, l'usage d'un parement économique, et qui contribue beaucoup à rendre l'art du tisserand plus salubre.

6°. *Prix fondés par* M. de Montyon, *en faveur de ceux qui auront perfectionné l'art de guérir.*

L'Académie a reçu trente-un ouvrages imprimés ou Mémoires manuscrits destinés à concourir à ces prix; la commission, chargée de l'examen du concours, a déclaré : 1° que, parmi les ouvrges envoyés, elle n'en a trouvé aucun qui lui ait paru susceptible d'être couronné cette année même.

2°. Les récompenses qu'elle propose à l'Académie de décerner aux auteurs dont les noms suivent, ne doivent être regardées que comme de simples encouragemens, soit pour des résultats, soit pour des essais qui promettent des résultats utiles.

3°. Conformément à ces vues, la commission propose d'accorder, à titre d'encouragemens, une somme de 2000 fr. à chacun des auteurs ci-après nommés :

1°. A M. Piorry, auteur d'une modification dans l'emploi de la percussion médiate, modification qui paraît devoir rendre, du moins dans certains cas, cet emploi plus précis et plus commode.

2°. A M. Jobert, pour un procédé ingénieux de réunion immédiate des plaies des intestins par l'application directe de la membrane séreuse.

3°. A M. Brachet, docteur-médecin à Lyon, pour une méthode rationnelle de l'emploi thérapeutique de l'opium dans les phlegmasies des membranes, méthode propre à éclairer sur ses avantages et ses inconvéniens.

4°. A M. Louis, pour de nombreuses observations recueillies avec soin et décrites avec exactitude sur l'inflammation ulcérative de la membrane muqueuse des intestins, ou ce que l'auteur appelle affection thyphoïde.

*Prix de physiologie expérimentale, fondé par* M. de Montyon.

1°. L'Académie royale des Sciences décerne ce prix à l'ouvrage de M. Régulus Lippi, publié à Florence en 1825, sous le titre de *Illustrazione anatomico-comparate del sistema linfatico chilifero, e delle palpebre*, dans lequel l'auteur a établi, d'une manière qui

paraît satisfaisante, la communication directe des vaisseaux lymphatiques des glandes conglobées avec les vaisseaux capillaires veineux.

2°. L'Académie accorde aussi une médaille d'or de la valeur de 500 fr. à M. le docteur Poiseuille, auteur du *Mémoire sur la force statique du cœur, et sur l'action des artères*, pour avoir employé un instrument ingénieux et gradué, propre à introduire dans la mesure du phénomène de la circulation une précision plus rigoureuse que par les procédés mis en usage par Borelli, Keil, Hâles et Passevant.

3°. L'Académie en outre a jugé dignes d'être mentionnés honorablement les ouvrages ci-après :

*Recherches anatomiques sur les carabiques et sur plusieurs autres insectes coléoptères*, par M. Léon-Dufour, *médecin à Saint-Sever, département des Landes.*

*Recherches sur le crâne et sur le cerveau des animaux vertébrés, suivies d'observations sur leurs mœurs et sur la forme de leur crâne, par M. le docteur* Vimont.

*Mémoire sur les enveloppes du fœtus, par M. le docteur* Velpeau, *professeur-agrégé de la faculté de médecine de Paris.*

*Anatomie comparée du système dentaire, chez l'homme et les principaux animaux, par M. le docteur* Emmanuel Rousseau, *au Jardin du Roi.*

*Recherches expérimentales sur les effets de l'abstinence complète d'alimens solides et liquides, sur la composition et la quantité du sang et de la lymphe, par M. le docteur* Collard de Martigny.

4°. Enfin, l'Académie a distingué d'une manière particulière un ouvrage manuscrit de feu Legallois, *sur plusieurs circonstances de l'histoire physiologique du fœtus.*

Mais considérant que ce travail est resté imparfait par la perte prématurée de son auteur, qui sans doute

l'avait ainsi jugé lui-même, puisque, l'ayant commencé avant *ses expériences sur le principe de la vie*, c'est cependant ce dernier ouvrage qu'il a donné au public; craignant en outre de sanctionner par son suffrage des expériences qui peuvent avoir besoin d'être répétées, et des résultats dont on ne peut garantir l'exactitude, l'Académie a jugé convenable de s'abstenir de tout jugement.

Néanmoins comme ces expériences sont très-ingénieuses, et que leurs résultats promettent des applications utiles à la physiologie, à la pathologie et à la médecine légale, l'Académie a décidé qu'elle ferait les frais de l'impression de ce travail, dans l'intérêt de la science d'une part, et pour rendre hommage de l'autre, à la mémoire de son auteur.

### *Prix de statistique fondé par* M. de Montyon.

L'Académie a reçu neuf Mémoires pour le concours de ce prix : un rapport qui a été distribué dans la séance fait connaître l'objet de ces ouvrages.

Le prix a été décerné à M. le docteur Falret, auteur de l'ouvrage intitulé : *Recherches statistiques dans le département de la Seine, depuis* 1801 *jusqu'au* 1er *janvier* 1828, *sur le nombre des aliénés*, *et depuis* 1813 *jusqu'à la même époque*, *sur les causes physiques et morales des maladies mentales*, *suivies de la statistique des suicides et des morts subites dans le départe- de la Seine depuis* 1794 *jusqu'en* 1824 *inclusivement*.

Une mention honorable est accordée au Mémoire de M. Villot aîné, sur la *Mesure de la durée des générations humaines*.

---

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 753,20 | + 9,2 | 74 | 752,84 | + 9,7 | 74 | 752,33 | +12,0 | 74 | 753,42 | +10,0 | 78 | +12,0 | + 6,2 | Pluie. | O. S O. tr. fort |
| 2 | 753,44 | +14,5 | 72 | 753,38 | +15,5 | 64 | 753,13 | +15,0 | 60 | 751,58 | +11,3 | 71 | +15,5 | + 9,0 | Couvert. | S. O. |
| 3 | 752,00 | +17,0 | 60 | 749,10 | +18,1 | 62 | 747,35 | +21,2 | 56 | 745,70 | +13,5 | 80 | +21,2 | + 9,7 | Legers nuages. | S. |
| 4 | 753,02 | +14,5 | 69 | 751,80 | +14,8 | 62 | 755,70 | +16,6 | 58 | 760,15 | + 9,3 | 70 | +16,6 | + 6,9 | Couvert | O. |
| 5 | 761,70 | +12,7 | 76 | 761,80 | +16,2 | 70 | 761,00 | +18,2 | 60 | 760,58 | +11,5 | 75 | +18,2 | + 6,5 | Couvert. | S. |
| 6 | 759,12 | +19,0 | 67 | 758,10 | +22,5 | 57 | 757,20 | +22,3 | 54 | 758,04 | +11,8 | 77 | +22,5 | + 8,3 | Voilé. | S. |
| 7 | 760,30 | +12,5 | 69 | 760,50 | +15,5 | 55 | 760,55 | +15,5 | 51 | 761,83 | +11,3 | 68 | +15,5 | + 9,2 | Nuages. | O |
| 8 | 763,05 | +15,5 | 64 | 762,92 | +16,0 | 64 | 762,90 | +17,8 | 61 | 763,08 | +13,7 | 75 | +17,8 | + 9,3 | Couvert. | O. |
| 9 | 762,72 | +12,6 | 74 | 761,60 | +16,5 | 61 | 759,86 | +17,0 | 57 | 758,44 | +14,1 | 70 | +17,0 | +10,6 | Nuageux. | N. |
| 10 | 757,16 | +15,8 | 64 | 756,10 | +18,8 | 62 | 755,22 | +20,1 | 60 | 755,60 | +16,3 | 72 | +20,1 | + 8,5 | Superbe. | S. E. |
| 11 | 754,95 | +16,5 | 65 | 754,60 | +18,2 | 53 | 753,14 | +19,2 | 47 | 753,16 | +14,0 | 70 | +19,2 | +10,7 | Voilé. | E. |
| 12 | 752,86 | +16,5 | 59 | 752,10 | +18,0 | 55 | 751,16 | +19,8 | 52 | 752,16 | +15,6 | 58 | +19,8 | +10,2 | Beau. | E. N. E. |
| 13 | 753,60 | +19,1 | 60 | 753,80 | +20,2 | 54 | 753,54 | +21,7 | 52 | 755,07 | +16,2 | 57 | +21,7 | + 9,0 | Petits nuages. | E. |
| 14 | 755,56 | +19,5 | 55 | 755,22 | +20,0 | 51 | 754,45 | +20,5 | 50 | 754,40 | +16,8 | 60 | +20,5 | + 9,3 | Nuages, vapeurs. | N. E. |
| 15 | 754,86 | +20,2 | 59 | 754,90 | +22,2 | 52 | 754,75 | +21,7 | 52 | 755,80 | +17,1 | 55 | +22,2 | + 9,7 | Couvert. | N. E. |
| 16 | 757,18 | +18,3 | 65 | 756,88 | +20,0 | 52 | 756,43 | +20,5 | 49 | 757,32 | +16,3 | 62 | +20,5 | +10,0 | Serein. | N. |
| 17 | 758,10 | +17,7 | 64 | 757,64 | +18,2 | 58 | 756,90 | +18,2 | 51 | 756,54 | +14,0 | 59 | +18,2 | +10,5 | Très-petits nuages. | N. E. |
| 18 | 755,04 | +17,8 | 64 | 754,27 | +19,3 | 54 | 753,24 | +20,3 | 50 | 751,78 | +16,2 | 53 | +20,3 | +10,7 | Superbe. | N. E. |
| 19 | 751,00 | +18,7 | 64 | 750,28 | +20,5 | 56 | 750,00 | +22,2 | 63 | 750,40 | +17,5 | 58 | +22,2 | +11,2 | Superbe. | E. |
| 20 | 750,70 | +20,8 | 65 | 750,80 | +22,5 | 64 | 749,97 | +23,6 | 55 | 751,35 | +18,8 | 51 | +23,6 | +12,5 | Nuages. | N. E. |
| 21 | 753,88 | +19,2 | 55 | 753,58 | +21,7 | 50 | 754,35 | +22,4 | 47 | 754,30 | +17,2 | 51 | +22,4 | +13,2 | Quelques nuages. | N. E fort. |
| 22 | 756,34 | +17,3 | 72 | 756,04 | +21,8 | 56 | 755,55 | +23,0 | 50 | 757,90 | +15,5 | 75 | +23,0 | +12,0 | Quelq. pet. nuages. | N. E fort. |
| 23 | 759,55 | +19,5 | 66 | 760,00 | +20,2 | 66 | 759,40 | +19,0 | 74 | 760,64 | +18,5 | 68 | +20,2 | +13,7 | Très-nuageux. | N. |
| 24 | 761,87 | +20,3 | 61 | 761,16 | +22,5 | 54 | 760,54 | +22,5 | 51 | 760,90 | +15,0 | 60 | +22,5 | +12,7 | Nuages. | N. O. |
| 25 | 760,51 | +12,2 | 77 | 760,42 | +14,1 | 66 | 760,37 | +12,5 | 80 | 759,87 | +12,6 | 80 | +14,1 | +10,6 | Pluie fine. | N. |
| 26 | 759,10 | +15,6 | 70 | 758,70 | +20,5 | 48 | 757,80 | +20,8 | 44 | 757,50 | +15,3 | 56 | +21,0 | +11,3 | Petites éclaircies. | E fort |
| 27 | 757,64 | +18,2 | 55 | 757,56 | +19,5 | 51 | 757,12 | +20,5 | 50 | 756,94 | +16,5 | 65 | +20,5 | +12,0 | Petites éclaircies. | E. très-fort. |
| 28 | 755,63 | +18,0 | 62 | 754,80 | +21,8 | 49 | 754,04 | +21,8 | 46 | 754,10 | +15,3 | 51 | +21,8 | +12,5 | Nuageux. | N. |
| 29 | 756,20 | +15,7 | 69 | 756,05 | +18,2 | 64 | 755,42 | +19,5 | 55 | 756,21 | +15,0 | 69 | +19,5 | +11,5 | Beau. | N. très-fort. |
| 30 | 757,67 | +11,5 | 76 | 757,20 | +15,0 | 68 | 756,54 | +16,0 | 60 | 757,94 | +11,8 | 67 | +16,0 | +11,1 | Couvert. | N. E. fort. |
| 31 | 759,70 | +13,0 | 69 | 759,80 | +16,0 | 51 | 759,64 | +17,0 | 50 | 760,40 | +13,4 | 60 | +17,0 | +10,0 | Quelques éclaircies. | N. |
| 1 | 757,47 | +14,3 | 69 | 757,12 | +16,4 | 63 | 756,52 | +17,6 | 59 | 757,04 | +12,3 | 74 | +17,6 | + 8,4 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 754,38 | +18,5 | 62 | 751,05 | +19,9 | 55 | 753,41 | +20,8 | 51 | 753,80 | +16,2 | 59 | +20,8 | +10,4 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 2,030 |
| 3 | 758,02 | +16,4 | 66 | 757,76 | +19,2 | 56 | 757,25 | +19,5 | 55 | 757,83 | +15,2 | 64 | +19,8 | +11,9 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 2,020 |
| | 756,67 | +16,4 | 66 | 756,36 | +18,5 | 58 | 755,78 | +19,3 | 55 | 756,30 | +14,6 | 65 | +19,4 | +10,3 | Moyennes du mois, | + 14,9 |

N° 1. mi

N° 8. mi

N° 9. mi

l m

l .m

mi re re

y

Fig. 1.

mi re

l

re re

Fig. 6.

a ut, = 1

mi mi, = 1 2 ut

b

m

re ut

Ch. Marion del. Durau sc.

[redacted]

# Recherches *sur la chaleur spécifique des fluides élastiques.*

Par M. Dulong.

(Académie des Sciences; séance du 18 mai 1828.)

## PREMIÈRE PARTIE.

Pour traiter une multitude de questions théoriques ou pratiques, on a besoin d'estimer les quantités de chaleur qui correspondent à une certaine variation thermométrique de tel ou tel corps, et, par conséquent, de connaître la chaleur spécifique des diverses substances solides, liquides ou gazeuses, ainsi que les lois des variations de cet élément, lorsqu'il ne demeure pas sensiblement constant.

L'importance de la détermination exacte de ce coëfficient spécifique s'est fait sentir depuis long-temps : on en peut juger par les nombreux travaux qui se rapportent à ce sujet.

Les méthodes expérimentales applicables aux corps solides et aux liquides ont, dans ces dernières années, reçu des perfectionnemens remarquables. Quant aux fluides élastiques, il se présente d'autres difficultés qui proviennent, en majeure partie, de ce que leurs dernières particules étant douées d'une mobilité toujours très-grande, mais inégale pour chacun d'eux, les effets que l'analogie porte à regarder comme devant servir de mesure aux chaleurs spécifiques peuvent, dans ce cas, dépendre encore d'une autre cause, et quelquefois même devenir entièrement étrangers aux différences de chaleur

spécifique. D'ailleurs, à l'égard de cette classe de corps, la question acquiert plus d'étendue : les variations de température nécessairement accompagnées d'un changement correspondant de volume, dans les solides et les liquides, peuvent être observées isolément dans les fluides élastiques, en sorte que, pour ceux-ci, la chaleur spécifique peut et doit être envisagée de deux manières différentes : ou bien avec changement de volume sous une pression constante, ou bien sous un volume invariable, avec une élasticité plus ou moins grande. Enfin, il est très-probable que des changemens de volume aussi grands que ceux qui peuvent s'observer dans les gaz, entraînent des variations considérables dans le coëfficient de la chaleur spécifique; ce qui rend indispensable la recherche des lois de ces variations.

Malgré les efforts multipliés d'un grand nombre de physiciens qui se sont occupés de ces questions, on peut dire que nous sommes encore bien loin d'en posséder une solution complète.

Je ne retracerai pas ici l'histoire des premières tentatives dont les défauts ont depuis long-temps été signalés; toute incertitude semblait enfin avoir cessé, du moins quant aux chaleurs spécifiques des gaz soumis à une pression constante, par le travail très-étendu et justement estimé de MM. Laroche et Bérard (1), lorsque M. Haycraft, d'abord, et ensuite MM. de La Rive et Marcet sont venus révoquer en doute les résultats des physiciens français, et chercher, par des moyens diffé-

---

(1) *Annales de Chimie*, t. LXXXV, p. 72 et 113.

rens, à établir ce principe : que tous les gaz simples ou composés ont, sous le même volume et à force élastique égale, la même chaleur spécifique.

On doit regretter que le premier n'ait pas décrit ses appareils avec tous les détails nécessaires pour permettre d'apprécier les causes d'erreur que comporte sa méthode. Les circonstances qui, à une certaine époque, paraissent les plus indifférentes, peuvent acquérir une haute importance, lorsque la science a fait quelques pas de plus.

L'appareil de M. Haycraft (1) ne diffère pas essentiellement de celui que MM. Laroche et Bérard avoient employé. Mais, au lieu de mesurer, comme ceux-ci, l'élévation de température produite, dans le calorimètre, par un certain volume de gaz, M. Haycraft a établi, l'un à côté de l'autre, deux appareils semblables en tout, et il a cherché à constater si, toutes les circonstances étant les mêmes de part et d'autre, des volumes égaux de deux gaz différens cédaient aux deux calorimètres des quantités de chaleur égales ou inégales.

De ces expériences il croit pouvoir déduire cette loi générale : *que tous les gaz simples ou composés ont, à volume égal, la même capacité pour la chaleur.* Quoique l'auteur ne s'explique point à cet égard, il est évident que sa proposition concerne seulement les fluides élastiques soumis à une pression égale et constante.

Nous ferons d'abord remarquer que l'auteur n'a expérimenté que sur six gaz différens dont quatre sont

---

(1) *Edimburg's philosoph. Transact.*, *Annal. de Chim. et de Phys.*, t. XXVI, p. 298.

simples, et que, des deux autres qui sont l'acide carbonique et le gaz oléfiant, le dernier a constamment indiqué une capacité supérieure. Déjà les résultats de MM. Laroche et Bérard et les remarques que nous avions faites sur l'erreur qui devait affecter spécialement le coëfficient relatif au gaz hydrogène (1), rendaient très-probable que les gaz simples avaient, sous le même volume, la même chaleur spécifique.

Les expériences de M. Haycraft tendent à confirmer cette proposition; mais je ne pense pas qu'elles autorisent à y comprendre aussi les gaz composés. L'acide carbonique est le seul corps de cette classe dont la chaleur spécifique n'ait pas excédé celle des gaz simples, et, lors même que le procédé expérimental ne donnerait prise à aucune objection, il ne serait pas permis d'étendre, à tous les autres corps, le résultat d'une observation faite sur un seul. Malheureusement l'omission de tous les détails dans la description des parties essentielles de l'appareil ne laisse pas la possibilité de lever les doutes que suggère la lecture du Mémoire de M. Haycraft. Il aurait été utile de savoir comment les serpentins étaient disposés dans les calorimètres, si toutes leurs courbures étaient placées dans un même plan horizontal ou vertical, ou si elles avaient la forme de l'hélice qu'on leur donne assez souvent; de savoir, enfin, si le gaz entrait par la partie supérieure ou par l'extrémité inférieure : aucune de ces circonstances n'est indifférente.

Il paraît que M. Haycraft a fait usage d'un thermomètre à boule; et il passe entièrement sous silence l'arti-

(1) *Annal. de Chim. et de Phys.*, t. x, p. 406.

fice qu'il a dû employer pour évaluer exactement la température moyenne du calorimètre. Le comte de Rumford avait proposé de placer dans l'axe de l'instrument un thermometre à réservoir cylindrique, d'une longueur égale à la profondeur du premier. J'ai fait voir anciennement que ce moyen pouvait encore occasioner des erreurs assez grandes, et qu'il était bien préférable de mélanger toutes les parties du liquide, afin de leur donner une température uniforme. Ne connaissant, du reste, ni la construction du calorimètre, ni la manière dont l'auteur s'en est servi, il est impossible de prononcer avec certitude sur le genre d'erreur inhérent à ce procédé; mais, puisque M. Haycraft ne fait mention d'aucune précaution spéciale pour se garantir des effets de l'inégale distribution de la chaleur qui a pu résulter de ce que des gaz différens, en parcourant un même conduit, perdent plus ou moins promptement leur excès de température, les circonstances étant égales d'ailleurs, il est très-probable que la différence, assez faible, qui existe entre la capacité de l'acide carbonique et celle des gaz simples, aura été masquée, dans ses expériences, par la cause que je viens de signaler.

Quelque temps après, MM. Aug. de La Rive et Marcet publièrent, sur le même sujet, un travail fort étendu (1), et, par un procédé tout autre, parvinrent à la même conclusion que M. Haycraft, avec cette différence, cependant, que la loi annoncée par celui-ci se rapporte aux gaz soumis à une pression égale et constante, tandis que MM. de La Rive et Marcet supposent

(1) *Annal. de Chim. et de Phys.*, t. XXXV, p. 5.

un volume constant. Le talent bien connu de ces jeunes physiciens, le soin avec lequel les observations paraissent avoir été faites, la simplicité de la loi, sa coïncidence avec les résultats de Haycraft, tout semble concourir pour donner une grande probabilité à l'opinion des savans genévois. Cependant, si l'on soumet à un examen réfléchi les principes sur lesquels repose leur méthode expérimentale, on ne tarde point à s'apercevoir que le phénomène auquel ils ont eu recours est trop complexe pour qu'il soit possible d'en tirer une mesure de la chaleur spécifique des gaz.

C'est en observant le refroidissement ou le réchauffement d'un même volume de tous les gaz contenu dans le même vase, et placé sous les mêmes influences, qu'ils ont cru pouvoir déterminer les rapports de leur chaleur spécifique. En thèse générale, il existe, en effet, une relation nécessaire entre la chaleur spécifique d'un corps et le temps qui s'écoule pendant qu'il subit une certaine variation thermométrique, sous l'influence d'une cause extérieure.

Nous avons fait connaître, Petit et moi (1), les précautions qu'il convient de prendre à l'égard des corps solides, pour que la relation dont il s'agit se présente de la manière la plus simple, et que l'observation du temps de refroidissement ou de réchauffement donne immédiatement le rapport des chaleurs spécifiques. La première condition à remplir, c'est que la quantité de chaleur absorbée ou perdue par l'enveloppe destinée à contenir les corps soumis à l'observation ne soit pas une

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. x, p. 400.

fraction trop grande de la totalité de la chaleur perdue ou gagnée dans l'expérience : voilà ce qu'il est presque impossible de réaliser avec les fluides élastiques.

Les premières expériences de MM. de La Rive et Marcet ont été faites dans un ballon de verre de 4 cent. de diamètre et d'un $\frac{1}{2}$ millim., environ, d'épaisseur. Avec ces dimensions, le poids du verre devait être de $7^g,017$, et celui de l'air à $0^m,65$, et à 20° de $0^g,036$; la quantité de chaleur nécessaire pour faire varier la température de l'enveloppe, dans le rapport de 126 : 1 avec celle qu'aurait exigée, pour s'élever d'un même nombre de degrés, l'air qu'elle contenait. Pour un autre gaz possédant une capacité plus grande des 0,25 de celle de l'air, la chaleur correspondante à cette différence de capacité ne ferait que la $\frac{1}{500}$ partie de la quantité totale. Comment serait-il possible d'apprécier d'aussi petites fractions ? Le refroidissement ou le réchauffement du même nombre de degrés, dans ces deux cas, correspondrait à des temps qui ne différeraient que de 36 tierces sur $5'$.

Dans les premiers essais, on plongeait subitement, dans un bain d'eau à 30°, le ballon successivement rempli de divers gaz sous une même prsesion et à la température initiale de 20°. Le réchauffement produit en $4''$, et mesuré par l'augmentation même d'élasticité de chaque fluide, s'est trouvé différent pour chacun d'eux : résultat que les auteurs ont, avec raison, attribué à une différence de conductibilité pour la chaleur.

Déjà, plusieurs fois, les physiciens ont cru reconnaître une grande inégalité de la part des divers fluides élastiques, dans la propriété de conduire ou de transporter la chaleur; mais cette propriété n'a pas toujours été bien nette-

ment définie. Ce que nous avons nommé *pouvoir refroidissant* des fluides élastiques (1) est un effet composé qui dépend tout à la fois et de leur capacité pour la chaleur et de l'inégalité de masse de leurs dernières particules, d'où résulte l'inégalité des vitesses qui leur sont communiquées par une même impulsion. Nous avons fait connaître les moyens de mesurer exactement ce coëfficient et les lois suivant lesquelles il varie avec la force élastique de chaque gaz et l'excès de température du corps chaud. Toutes les fois qu'il s'agira d'évaluer la perte de chaleur occasionée, dans un corps, par le contact d'un gaz dont l'élasticité sera connue, ainsi que la différence de température, cet effet pourra se calculer d'après les principes établis dans le Mémoire cité. Mais souvent on a moins à s'occuper de la quantité de chaleur enlevée que de la promptitude plus ou moins grande avec laquelle une masse de gaz se met en équilibre de température avec les parois qui servent à la contenir. Dans ce cas, il faut avoir égard seulement à l'inégale mobilité des particules fluides; mais ce genre de phénomène ne peut plus être soumis au calcul, d'autant plus qu'il est encore subordonné aux dimensions et à la configuration du vase. Avant que cette propriété fût bien constatée et rapportée à sa véritable origine, on attribuait à des différences de capacité pour la chaleur, des phénomènes tout-à-fait étrangers à cet élément, et qui ne dépendent que de la densité plus ou moins grande des divers fluides. Suivant la disposition des appareils, on était porté à tirer des conséquences

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. VII, p. 350.

contraires sur l'ordre de supériorité des gaz relativement à la chaleur spécifique. Ainsi, dans le cas où c'était un thermomètre plongé dans la masse fluide, le gaz le plus facile à mettre en mouvement produisait un effet plus marqué; ce qui devait le faire regarder comme possédant une capacité plus grande (1). Si l'on recherchait, au contraire, les temps que deux volumes égaux de gaz différens exigeaient pour se mettre en équilibre de température avec les parois, c'est le gaz le plus mobile qui demandait le moins de temps, et qui paraissait avoir la capacité la plus faible (2).

MM. de La Rive et Marcet ont pensé qu'ils pourraient se mettre à l'abri des effets de la conductibilité en employant quelques-unes des précautions que nous avons indiquées dans notre Mémoire sur la chaleur spécifique des corps solides (3). Au lieu d'échauffer brusquement l'enveloppe, ils l'ont placée dans une enceinte vide, dont les parois étaient maintenues à une température constante et peu supérieure à celle des gaz. Dès-lors, ils n'ont plus aperçu de différence sensible entre les températures prises, pendant le même temps, par tous les gaz; d'où ils ont conclu que tous possèdent, à volume égal, la même capacité pour la chaleur.

Quoique l'on désigne par le même nom, dans les solides et les gaz, la propriété de transmettre la chaleur, il ne faut pas oublier que la conductibilité des solides, qui n'est sans doute qu'un rayonnement à petites distances, est d'une nature très-différente du transport des

(1) *Mémoires d'Arcueil*, t. I, p. 201.
(2) *Journal de Physique*, novembre 1819, t. LXXXIX, p. 337.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t. X, p. 400.

parties du fluide inégalement chaudes, lequel constitue, à proprement parler, la conductibilité des gaz. Pour se rendre raison du résultat observé par MM. de La Rive et Marcet, et qui me paraît se rattacher encore à cette dernière propriété et non à la capacité, il faut se rappeler 1° que les quantités absolues de chaleur prises par les gaz, dans ces expériences, formaient une si petite fraction de la chaleur totale du système, qu'on peut ne pas y avoir égard. 2° Que les temps employés par les divers gaz pour s'échauffer d'un même nombre de degrés, dépendent exclusivement, dans les conditions de l'expérience dont il s'agit, de la rapidité plus ou moins grande du mélange des parties intérieures du fluide avec les parties extérieures, qui reçoivent seules la chaleur, par communication immédiate, des parois de l'enveloppe. 3° Que tous les fluides ayant la même force élastique, ces temps différeraient d'autant plus entre eux que l'excès de température du même vase serait plus considérable; de sorte que si ses parois s'échauffaient très-lentement, la différence pourrait devenir insensible. 4° Que dans le mouvement progressif de la température, le gaz doit toujours indiquer une moyenne inférieure à la température réelle des parois au même instant; mais que le mélange des parties inégalement chaudes d'un même gaz se faisant d'autant plus rapidement que ses molécules sont plus distantes ou que sa force élastique est plus petite, la quantité dont la température du fluide est en retard sur celle du vase, doit diminuer avec l'élasticité de ce fluide, et l'égalité du réchauffement des gaz de nature diverse, paraître d'autant plus exacte, que les fluides que l'on compare ont une élasticité moindre.

C'est surtout ce dernier résultat, c'est-à-dire, la diminution du temps nécessaire pour produire le même effet thermométrique, dans le même volume d'un gaz de plus en plus raréfié, qui a paru à MM. de La Rive et Marcet un argument sans réplique en faveur de leur procédé ; et, dans un nouveau travail, dont un extrait nous a été communiqué dans la dernière séance de l'Académie, ils reproduisent la même idée qu'ils avaient déjà énoncée dans le premier Mémoire, savoir : que, puisque leur appareil est assez sensible pour montrer la diminution de capacité qui tient au changement de densité, il doit encore l'être suffisamment pour accuser la différence de capacité qui tiendrait à la diversité de nature ; mais il me semble que, pour rendre ce raisonnement péremptoire, il faudrait commencer par prouver que l'inégalité des temps de réchauffement de volumes égaux du même gaz pris avec des densités différentes, dépend exclusivement de l'altération survenue dans la chaleur spécifique. Essayons de vérifier si les résultats en question peuvent se concilier avec cette supposition.

On trouve, dans le Mémoire de MM. de La Rive et Marcet (1), une série d'observations relatives à l'air atmosphérique, d'une force élastique comprise entre 65 et 26 centimètres. Au lieu des temps employés pour un réchauffement égal, dans les divers cas, c'est le nombre des degrés de température gagnés pendant le même temps qui est indiqué ; ce qui rend la comparaison un peu plus pénible. Toutefois si, en partant des autres données de l'expérience rapportées plus haut, on calcule la température qu'aurait dû manifester le gaz, après l'intervalle constant de 5′, en supposant que sa chaleur spécifique

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXV, p. 28.

fût réduite à zéro, par le fait de la raréfaction, on trouve, au lieu de 6°, 3, qui correspond au gaz de 65 centim. de pression, 6°, 329; or, dans le tableau des observations que nous venons de citer, une diminution de 6 centimètres seulement dans l'élasticité de l'air, entraîne une différence déjà huit fois plus grande; en sorte que toutes les observations conduiraient à une valeur négative (1) pour la capacité de l'air dilaté. Ce calcul,

---

(1) Appelons $T$ l'excès variable de la température de l'enceinte sur celle du matras; $S$ la surface extérieure de ce vase, $e$ son pouvoir émissif ou absorbant, $V$ son volume, $D$ la densité et $C$ la chaleur spécifique moyennes; enfin $t$ le temps. Comme il ne s'agit ici que de petites différences de température, on peut, sans erreur sensible, faire usage de la loi de Newton. La vitesse de réchauffement sera, d'après l'énoncé même de cette loi, proportionnelle à l'excès $T$ de la température de l'enceinte. $n$ exprimant la valeur de cette vitesse, pour 1° d'excès de température, on aura en général $\frac{dT}{dt} = -nT$. Or, il est facile de voir que la constante $n$ est directement proportionnelle à la surface $s$ et au pouvoir absorbant $e$ (puisqu'il s'agit d'une enceinte vide), et qu'elle doit être en raison inverse du poids $VD$ du corps (le gaz et son enveloppe), et de la capacité $C$ du système. L'équation devient ainsi $\frac{dT}{dt} = -\frac{Se}{VDC}T$, ou $\frac{dT}{T} = -\frac{Se}{VDC}dt$, et, en intégrant, $\text{Log.}\,\frac{A}{T} = \frac{Se}{VDC}t$: en nommant $A$ la valeur de $T$ lorsque $t = 0$.

Après un temps $\theta$, l'enveloppe contenant un certain gaz, l'excès de température sera $T$, et, après le même temps $\theta$, l'enveloppe renfermant un autre gaz, l'excès sera $T'$. On

contre lequel je ne vois pas qu'on puisse élever d'objection, suffirait pour montrer que ce n'est pas à une diminution de capacité qu'il faut attribuer l'échauffement plus rapide du même volume de gaz, quand sa densité s'affaiblit. Je crois avoir assigné précédemment la vraie cause du phénomène.

En définitive, il ne me paraît pas possible d'imaginer une disposition d'appareil, ou une manière d'opérer, qui permette de conclure les chaleurs spécifiques des gaz, de l'observation des temps de leur réchauffement ou de leur refroidissement.

Les résultats de Laroche et Bérard sont donc encore ceux qui doivent inspirer le plus de confiance; et, s'ils

---

aura donc $\text{Log.}\frac{A}{T'} : \text{Log.}\frac{A}{T''} :: \frac{1}{D'C'} : \frac{1}{D''C''}$. Séparant les élémens relatifs à l'enveloppe de ceux du gaz qu'elle renferme, on aura, en nommant $p$ le poids du verre, et $c$ sa chaleur spécifique : $\text{Log.}\frac{A}{T'} : \text{Log.}\frac{A}{T''} :: p''c''+pc, : p'c'+pc$; dans la série d'expériences dont il s'agit, $\frac{p'c'}{pc}=\frac{1}{126}$, pour l'air à $0^m,65$ et à $20°$. Il sera donc facile de tirer, de la proportion précédente, ou la capacité $c''$ du même gaz, dont le poids $p''$ sera donné, ainsi que les excès $T'$ et $T''$, correspondans au même temps écoulé; ou bien la valeur de $T''$, que l'on devrait observer si $c''$ prenait une valeur déterminée.

---

Le 2ᵉ Mémoire de MM. de La Rive et Marcet, dont j'ai plus haut annoncé l'extrait, vient de paraître pendant l'impression de celui-ci, dans le Numéro de mai de ces Annales. Les objections précédentes conservent la même force relati-

laissent encore désirer une plus grande précision, ils suffisent bien pour mettre hors de doute que tous les gaz simples ou composés n'ont pas, sous le même volume, une égale capacité pour la chaleur.

Toutefois ces déterminations se rapportent seulement aux gaz soumis à une pression constante; la question relative à la supposition d'un volume constant reste tout entière. Envisagée sous le point de vue expérimental, celle-ci présente de beaucoup plus grandes difficultés que la première; jusqu'à présent même aucune méthode directe n'a été indiquée pour la résoudre.

Mais une des inspirations les plus heureuses de M. de Laplace, a fait découvrir, dans la théorie mathématique de la propagation du son, certaines relations

---

vement aux conséquences que les auteurs tirent de leurs nouvelles expériences. Avec le ballon pesant 22 grammes et renfermant 0,4 gram. d'air, qu'ils ont substitué au premier, le rapport des quantités de chaleur nécessaires pour produire une même variation de température dans l'air et dans son enveloppe, serait à peu près $\frac{1}{53}$, au lieu de $\frac{1}{26}$, qui convenait au premier appareil; ce qui n'apporterait qu'un changement insignifiant dans le résultat du précédent calcul. Il paraît que le réchauffement du système était encore trop rapide pour que l'hydrogène s'accordât avec les autres gaz. En recouvrant d'une feuille d'argent la surface extérieure du ballon, je suis persuadé qu'alors on ne trouverait plus de différence, même pour ce gaz, dont les molécules possèdent en effet une mobilité beaucoup plus grande que celle de tous les autres, ainsi qu'on peut le prévoir, en comparant les pesanteurs spécifiques de tous ces fluides.

entre les chaleurs spécifiques d'un même gaz considérées sous ces deux aspects différens.

On sait que c'est ce grand géomètre, dont nous ressentons encore si vivement la perte, qui imagina le premier que la différence entre l'évaluation de la vitesse du son dans l'air, par le calcul et par l'observation, pourrait bien provenir de ce que Newton et les géomètres qui depuis étaient parvenus au même résultat que lui, n'avaient point eu égard, dans le calcul, aux variations de température qui accompagnent les changemens subits de densité dans les fluides élastiques. MM. Biot (1) et Poisson (2) firent voir, en effet, que, en tenant compte de cette cause, la vitesse calculée devait se rapprocher davantage de la vitesse réelle. Toutefois on manquait alors de données physiques indispensables pour vérifier complètement l'exactitude de cette conjecture (3).

Plus tard, M. de Laplace soumit cette idée à un nouvel examen, et prouva que la vitesse réelle du son devait s'obtenir en multipliant la vitesse calculée d'après la formule de Newton, par la racine carrée du rapport de la chaleur spécifique de l'air, sous une pression cons-

---

(1) *Journal de Physique*, t. LV, p. 173.

(2) *Journal de l'Ecole polytechnique*, 14e Cahier, p. 362.

(3) C'est, sans doute, par inadvertance que le savant auteur du premier des deux Mémoires que nous venons de citer, cherche à déduire, de la seule connaissance du coëfficient de la dilatation des gaz, l'élévation de température qui résulterait, dans l'air, d'une compression déterminée. (Mémoire cité, page 181.)

tante, à la chaleur spécifique du même fluide, sous un volume constant (1).

M. Poisson (2) parvint aussi au même théorème par un calcul plus direct et complètement débarrassé des hypothèses fort peu probables que l'auteur de la mécanique céleste avait adoptées touchant la manière d'être de la chaleur dans les fluides élastiques.

Une expérience de MM. Clément et Désormes (3), répétée avec des appareils plus parfaits et dans des circonstances plus variées par MM. Gay-Lussac et Welter (4), permit de calculer, pour l'air atmosphérique, la valeur de ce rapport des deux chaleurs spécifiques dont il vient d'être fait mention; et, en la substituant dans la formule générale, la vitesse du son ainsi obtenue ne différa plus, que de quelques mètres, de la vitesse observée.

D'après les expériences de MM. Gay-Lussac et Welter, citées dans la Mécanique céleste, il paraîtrait que ce rapport des deux chaleurs spécifiques serait sensiblement constant pour l'air atmosphérique à toutes températures et à toutes pressions. Cette condition, introduite dans le calcul, permettrait d'assigner les variations de température qui correspondent aux changemens brus-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. III, p. 238; et *Mécanique céleste*, t. v, p. 123.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII, p. 337; et *Connaissance des Temps*, 1826, p. 257.

(3) *Journal de Physique*, t. LXXXIX, p. 333.

(4) *Mécanique céleste*, t. v, p. 125.

[redacted]



ques de densité d'une masse quelconque d'air; et si l'on y joignait l'hypothèse, à la vérité fort invraisemblable, d'une capacité constante à toute température sous la même pression, on pourrait arriver à l'expression générale de la chaleur spécifique de l'air atmosphérique à force élastique constante, ou à volume invariable (1).

Enfin, en étendant la même supposition à tous les autres gaz, on pourrait résoudre toutes les questions relatives aux chaleurs spécifiques des divers fluides élastiques, par la seule connaissance du rapport des deux chaleurs spécifiques, déterminé pour chacun d'eux, et au moyen d'une seule observation faite sous une pression quelconque. Ces lois sont trop importantes pour que l'on ne cherche pas à les vérifier dans leurs principales conséquences. Lors même que les hypothèses sur lesquelles elles sont fondées ne seraient pas conformes à ce qui existe, la détermination exacte du rapport des deux chaleurs spécifiques, pour chacun des gaz en particulier, n'en demeurerait pas moins une acquisition très-utile pour la science, puisque l'on pourrait alors conclure de la chaleur spécifique à pression constante, la seule que

(1) Poisson, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXIII, p. 341. M. Ivory, *Philos. Magazine new series*, vol. 1, p. 249, donne une autre expression du même élément; mais M. Avogadro (*Memorie della reale Academia delle scienze di Torino*, t. XXXIII, p. 237.) a fait voir comment M. Ivory avait été induit en erreur. On verra plus loin que mes observations m'ont conduit à une conséquence opposée à celle que le même géomètre avait tirée de sa théorie générale (*Phil. Magazine*, t. 1, p. 253.

l'on sache mesurer directement, la chaleur spécifique à volume constant, qui intéresse le plus la théorie générale de la chaleur, et, enfin, la quantité de chaleur correspondant pour chaque gaz à une dilatation ou une condensation déterminée (1).

Malgré toute l'habileté des observateurs et la perfection des appareils, je ne crois pas que l'on puisse arriver à une approximation suffisante, par un moyen analogue à celui qu'ont employé les physiciens que je viens de citer.

J'ai pensé qu'on y parviendrait plus sûrement en recherchant la vitesse réelle du son dans chaque fluide élastique et en la comparant, conformément à la théorie de M. Laplace, avec celle qu'indiquerait la formule de Newton.

---

(1) Les essais ingénieux de M. Dalton (*Mém. de Manch.*, vol. v, p. 525, et *New System. of Chem. philos.*, t. 1, p. 127) pouvaient bien prouver que les variations thermométriques observées dans un gaz, dont on change brusquement la densité, étaient loin de représenter le changement de température réellement produit dans le fluide élastique ; mais ils n'auraient pu servir à une évaluation suffisamment approchée de la quantité de chaleur correspondant à une condensation déterminée.

Quant au moyen indiqué par M. Despretz (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. xxxvii, p. 182.) comme propre à déterminer la chaleur dégagée par la condensation de l'oxigène et de quelques gaz brûlés, il ne pourrait conduire même à une approximation grossière des quantités qu'il s'agit de mesurer. Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer que la chaleur dégagée par une compression du gaz oxigène qui en doublerait la densité (supposition conforme à l'expérience de M. Despretz) ne ferait pas $\frac{1}{2}$ centième de la chaleur produite par la

Nous admettrons donc, comme un principe démontré, que le carré du quotient de la vitesse réelle du son dans un fluide élastique quelconque, divisée par la vitesse calculée d'après la formule de Newton, est égal au rapport de la chaleur spécifique sous un volume constant (1). Ainsi la recherche de ce rapport se réduit à celle des vitesses réelles du son dans les divers fluides élastiques.

---

combinaison de ce gaz avec le charbon, c'est-à-dire, de la quantité que l'on mesure immédiatement par le mode d'expérimentation qu'il propose; et si les autres gaz abandonnaient, pour une même réduction de volume, des quantités de chaleur plus petites ou plus grandes d'$\frac{1}{5}$ ou d'$\frac{1}{4}$, ces différences ne correspondraient qu'à 1 ou 2 millièmes des nombres donnés par l'observation; de sorte que la quantité que l'on chercherait à déterminer serait *au moins quinze ou vingt fois plus petite que les erreurs inévitables dans ce genre d'expériences*. Si M. Despretz a exécuté le projet de recherches qu'il annonce dans le Mémoire cité, je suis persuadé qu'il n'a trouvé aucune différence entre les quantités de chaleur développées par la combinaison de l'oxigène d'une densité simple, puis double, avec le même corps, quel que soit l'état solide ou gazeux du produit de la combustion.

(1) Soient $h$ la hauteur du baromètre, $g$ l'intensité de la pesanteur, $D$ la densité du gaz, celle du mercure étant prise pour unité; $t$ la température au-dessus de zéro, $v$ la vitesse du son d'après l'observation, et $k$ le rapport des deux chaleurs spécifiques sous une pression constante et sous un volume constant, on a :

$$k = \frac{v^2}{\frac{gh}{D}.(1 + t, 0,00375)}.$$

Pour tout autre gaz que l'air atmosphérique, on ne peut songer à mesurer directement la vitesse de propagation d'une onde sonore ; il faut évidemment recourir à un moyen indirect. La théorie des instrumens à vent en a suggéré un qui a été indiqué et mis, pour la première fois, en pratique par Chladni et Jacquin (1). Ce moyen consiste à faire parler un même tuyau, à embouchure de flûte, successivement avec tous les fluides élastiques, supposés à la même température, et à déterminer la hauteur du ton donné par chacun d'eux. En admettant que la colonne fluide contenue dans l'instrument éprouve le même mode de subdivision dans tous les cas, qu'il corresponde, par exemple, à ce que l'on nomme le son fondamental, ou le plus grave de tous ceux que la théorie de Bernoulli indique pour le même tuyau, on arrive facilement à connaître la longueur d'une onde et sa durée dans chaque fluide élastique et, par conséquent, la vitesse avec laquelle un ébranlement se propagerait dans chacun d'eux (2).

---

(1) Chladni, *Traité d'Acoustique*, p. 87 et 274. Paris, 1809.

(2) En nommant $\lambda$ la longueur d'une onde condensante ou dilatante, $v$ sa vitesse de propagation dans un fluide élastique, $t$ la durée de chaque demi-oscillation positive ou négative d'une tranche du fluide, on a, comme l'on sait, $\lambda = vt$, ou, en prenant le nombre $n$ de vibrations dans une seconde, $v = \lambda n$. Dans la théorie de Bernoulli, le nombre des concamérations entières étant $p$, il existe la relation générale $(p+1)\lambda = l$; en appelant $l$ la longueur d'un tuyau ouvert par les deux bouts ; pour le ton fondamental $p = 0$, $\lambda = l$ ; et, partant, $v = ln$. Si l'on se sert du même tuyau pour tous

Les expériences de Chladni ne peuvent être considérées que comme une ébauche très-imparfaite ; il serait impossible d'en rien tirer pour la solution du problème qui nous occupe.

Kerby et Merrick (1) en Angleterre, perfectionnèrent l'appareil de Chladni ; ils étendirent leurs observations à un plus grand nombre de corps, et, surtout, mirent plus de précision dans la détermination du nombre de vibrations propre à chaque ton. Peu de temps après, le professeur Benzemberg de Dusseldorf (2) fit de nouvelles observations au moyen d'un appareil tout-à-fait identique avec celui de Chladni, mais en mesurant, à l'aide d'un monocorde, les nombres de vibrations de chaque son. Enfin, M. Richard Van Rees prit pour sujet d'une thèse inaugurale soutenue à Utrecht, en 1819, la détermination de la vitesse du son dans les fluides élastiques (3) et exécuta, à cette occasion, [illegible] le labo-

---

les gaz, on voit que les vitesses de propagation d'une onde, dans tous ces fluides, sont directement proportionnelles aux nombres de vibrations des tons qu'ils produisent.

(1) *Nicholson's journal*, t. XXVII, p. 269, et t. XXXIII, p. 161.

(2) *Annalen der Physik von Gilbert ; neue Folge*, t. XII, p. 12.

(3) *Dissertatio physico-mathematica inauguralis de celeritate soni per fluida elastica propagati. Trajecti ad Rhenum.* John Altheer, in-4°, 1819. On trouve un extrait de cet ouvrage dans le tome XV, page 102 de la *Bibliothèque universelle*. Il n'existe pas dans le commerce, et je n'ai pu me le procurer que par l'obligeance de M. Hachette et de Mr. Quetelet, de Bruxelles.

ratoire de M. Moll, une longue suite d'expériences qui paraissent avoir été conduites avec beaucoup de soin. On verra, cependant, que par les erreurs dont elles sont affectées, elles ne permettraient, pas plus que les précédentes, de découvrir la loi du phénomène.

La discordance des résultats obtenus par les habiles expérimentateurs que je viens de citer, ne laissait guère d'espoir d'arriver à une solution satisfaisante de la question par l'emploi des mêmes procédés.

On devait soupçonner que ces observations n'étaient pas exactement comparables, soit parce que les gaz n'avaient pas toujours été exempts d'impuretés, soit parce que le mode d'insufflation pouvait, indépendamment de toute autre cause, faire varier la hauteur du ton. Je résolus donc de reconnaître et de vaincre, s'il était possible, les difficultés inhérentes à ce sujet.

D'abord, je voulus savoir quel degré de précision on pouvait attendre de ce genre d'expériences; pour cela, je fis parler des tuyaux de divers calibres avec de l'air atmosphérique. Ces tuyaux, à embouchure de flûte, réunissant les proportions que l'expérience a fait découvrir comme les meilleures pour obtenir un son plein et difficilement variable, étaient placés horizontalement dans l'air libre, et l'on y faisait passer un courant d'une vitesse constante, à l'aide d'un gazomètre muni d'une éprouvette qui laissait juger le degré de pression initiale. Cette pression était ordinairement de 3 centimètres d'eau.

Pour mettre sa théorie à l'épreuve, Daniel Bernoulli avait déjà comparé les tons rendus par deux tuyaux de longueurs différentes, fermés par une de leurs extré-

mités (1) ; mais l'un des deux tons était obtenu en soufflant avec la bouche, à quelque distance, dans un tuyau fermé par un bout : tous ceux qui ont fait cette expérience savent que le son produit ainsi n'est ni assez distinct, ni assez soutenu pour que l'on puisse garantir une grande précision dans les accords. D'ailleurs, de cette manière, on ne pourrait vérifier que la relation qui existe entre la longueur des colonnes vibrantes et les intervalles musicaux qui leur correspondent ; mais il a aussi cherché à déterminer, par expérience, le nombre absolu de vibrations d'un son rendu par un tuyau d'une longueur donnée.

Sa formule indiquait 115 vibrations par seconde pour le ton d'un bourdon de 4 pieds, et le nombre de vibrations déterminé par une corde à l'unisson était de 116. La coïncidence semblait parfaite ; cependant, si l'on examine les données du calcul, on voit qu'il prend 12000 pour le rapport de la densité du mercure à celle de l'air d'une force élastique de 28 p. ; ce qui supposerait une température de 39° centigrades, supérieure de beaucoup, sans doute, à celle que possédait l'air au moment de l'expérience, et qui n'est point indiquée ; enfin, si l'on fait entrer dans la formule, non plus la vitesse déduite de l'ancienne théorie, mais la vitesse observée dans l'atmosphère, la coïncidence que Bernoulli avait cru remarquer n'existe plus : car on trouve que, dans son expérience, le ton rendu par le tuyau de 4 p. bouché devrait être, à la température ordinaire de 20°,

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris* ; 1762, p. 467.

de 132,7 vibr. par seconde, au lieu de 116 donné par la corde vibrante. L'expérience de Bernoulli était donc insuffisante pour la vérification dont il s'agit. Le même géomètre avait indiqué un procédé fort ingénieux, et qui paraît susceptible d'une grande exactitude, pour mesurer la longueur des colonnes d'air qui vibrent à plein orifice. Ce procédé consiste, comme l'on sait, à enfoncer un piston gradué dans le tube sonore jusqu'à ce que celui-ci rende le même ton que lorsqu'il était ouvert. La distance de la surface antérieure du piston à l'orifice du tube est prise pour la longueur de la colonne d'air vibrant à plein orifice dans le tuyau bouché par un bout qui serait à l'unisson du premier. C'est ce moyen que j'ai d'abord employé sur des instrumens de longueurs très-différentes, en y joignant la détermination du nombre exact de vibrations correspondant à chaque son. Pour ce dernier élément, la sirène de M. Cagniard de Latour (1) m'a paru ne rien laisser à désirer. Quand on s'est familiarisé avec cet instrument, la précision de ses indications est presque illimitée. La sirène dont je me sers habituellement porte un disque mobile assez épais pour conserver une vitesse invariable pendant les intermittences très-courtes du courant qui la fait parler. Une soufflerie d'un orgue de Grenié, qui permet d'augmenter à volonté la vitesse du vent en appuyant plus ou moins sur une pédale, sert à entretenir le mouvement du plateau à un degré tel que le ton de la sirène se maintienne à l'unisson de celui

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XII, p. 167, et t. XVIII, p. 438.

que l'on veut évaluer : pour des sons purs et forts, l'oreille est sensible à de très-petites différences, et en soutenant pendant $4'$ au moins, comme je l'ai toujours fait, le mouvement du plateau, si l'unisson est d'ailleurs bien observé, on voit que les seules erreurs que l'on puisse commettre en engrenant la roue du compteur, ou en l'arrêtant, se trouvent réparties sur un intervalle aussi grand qu'on le veut, de manière à s'affaiblir de plus en plus, d'après un principe analogue à celui de la répétition des angles.

Il serait inutile de décrire en détail des expériences qui ont toutes été faites de la même manière : je me contenterai d'en rapporter les résultats dans le tableau ci-joint :

| Etat l'embouchure. | Nos : expériences. | ...gueur du tuyau. | ...geur du tuyau. | ...ndeur du tuyau. | ...ur de la bouche. | Pression : le gazomètre, en eau. | ...re de vibrations seconde sexag. | Distance urface antérieure iston à l'orifice. | ...érature de l'air ...nt l'expérience. | ...tesse du son ...rès la formule $\sqrt{1+0,00375\,t}$. | du son, déduite ...mi-concamération finale. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n° 4 | 60c,2 | 25m,5 | 32m | 5m | 3c | 491,4 | 55c,1 | 20° | 345m,2 | 325,3 |
| | 5 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 490,6 | 53,1 | *id.* | *id.* | 324,7 |
| | 6 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 5 | 504,6 | 32,45 | 20,5 | .... | 327,5 |
| | 52 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 3 | 495,6 | 53,16 | *id.* | .... | 328,6 |
| Bouche libre. | 33 | 29,1 | 18 | 23 | 4 | 3 | 973,2 | 16,77 | 20,3 | .... | 326,4 |
| | 34 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 973,6 | 16,78 | *id.* | .... | 326,6 |
| | 38 | 127,15 | 62 | 74 | 8 | *id.* | 239,3 | 67,6 | 20 | 345,2 | 323,7 |
| | 63 | 62,2 | 14 | 15 | 5 | 3 | 487,4 | 52,9 | 9 | 338,5 | 320,7 |
| | 63 *bis.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 494 | 52,4 | *id.* | *id.* | 320,1 |
| Bouche couverte d'un entonnoir de fer-blanc. | 8 | 60,2 | 25,5 | 32 | 5 | 3 | 466,6 | 35,5 | 20 | 345,2 | 331,28 |
| | 9 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 463,4 | 36,3 | *id.* | *id.* | 336,4 |
| | 10 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 467 | 35,95 | *id.* | *id.* | 335,77 |
| Embouchure de flûte traversière. | 13 | 61 | 26,5 | 30 | 15 | 3 | 474,4 | 33,15 | *id.* | *id.* | 314,15 |
| | 14 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 5 | 476,6 | 33 | *id.* | *id.* | 314,5 |
| Bouche rétrécie par une lame de plomb. | 18 | 60,2 | 25,5 | 32 | 5 | 3 | 948 | 17,2 | *id.* | *id.* | 326 |
| | 19 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 954 | 17,35 | *id.* | *id.* | 331,4 |
| | 20 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 953,2 | 17,35 | *id.* | *id.* | 330,7 |

Toutes ces observations s'accordent à donner une vitesse de propagation trop petite ; on voit d'ailleurs que l'erreur est à peu près la même en considérant des tons graves ou des tons aigus. Cette remarque suffit pour écarter l'idée qu'elle pourrait provenir de la chaleur enlevée ou cédée à la colonne fluide par les parois du tuyau ; car, si cet effet était sensible, il le serait davantage sur les tons les plus graves, produits par des vibrations plus lentes, et, partant, exposées plus long-temps à l'influence de la cause retardatrice.

Mais la théorie plus générale et plus conforme aux effets naturels que M. Poisson a donnée du mouvement de l'air dans les tuyaux de flûte (1), suggérant quelques doutes sur la vraie longueur de la demi-concamération finale, j'ai voulu essayer si, comme cette théorie l'indique, la mesure de l'intervalle entre deux nœuds consécutifs ne conduirait pas à des valeurs plus rapprochées de la vitesse du son. Le tableau suivant offre les résultats d'une série d'expériences dirigées vers ce but.

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences ;* 1817, p. 303.

| Modification de l'embouchure. | Nos des expériences. | Longueur du tuyau. | Largeur du tuyau. | Profondeur du tuyau. | Largeur de la bouche. | Pression dans le gazomètre, col. d'eau. | Longueur de la demi-concamération finale. | Distance des deux surfaces nodales. | Température de l'air. | Nombre de vibrations par seconde sexagés. | Vitesse du son d'après la formule $333\sqrt{1+0,00375\,t}$. | Vitesse du son conclue de la demi-concamération finale. | Vitesse du son conclue de l'intervalle des 2 surfaces nodales. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bouche rétrécie par une lame de plomb. Le tuyau octavie (1). | 30 | 60c,2 | 25m,5 | 32m | 2m,25 | 3c | 16c,2 | 33,95 | 20° | 990,4 | 345m,2 | 321 | 336,2 |
| | 31 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 16 ,1 | 34,18 | *id.* | 986 | *id.* | 317,1 | 336,6 |
| | 35 | 29 ,1 | 18 | 23 | 2 | *id.* | 8 ,1 | 17,6 | 20 ,3 | 1935,2 | ..... | 321,6 | 340,6 |
| | 36 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | 8 ,08 | 17,52 | 20 | 1927,2 | *id.* | 311,4 | 337,6 |
| | 39 | 127 ,15 | 62 | ... | 4 | ... | 33 ,85 | 71,6 | *id.* | 464,6 | *id.* | 314,5 | 332,6 |
| Le tuyau octavie par un plus grand volume d'air. | 63 | 62 ,2 | 14 | 15 | 5 | 3 | 17 ,08 | 31,9 | 9 | 984,7 | 338 ,5 | 336,4 | 314,8 |

Tuyau bouché par une extrémité. Son 3.

| Modification de l'embouchure. | Nos des expériences. | Longueur du tuyau. | Largeur du tuyau. | Profondeur du tuyau. | Largeur de la bouche. | Pression dans le gazomètre, col. d'eau. | Longueur de la demi-concamération finale. | Distance des deux surfaces nodales. | Température de l'air. | Nombre de vibrations par seconde sexagés. | Vitesse du son d'après la formule $333\sqrt{1+0,00375\,t}$. | Vitesse du son conclue de la demi-concamération finale. | Vitesse du son conclue de l'intervalle des 2 surfaces nodales. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bouche rétrécie par une lame de plomb, de manière à faire sortir le 2e son. | 40 | 60,2 | 25 ,5 | 32 | 5 | 3 | ..... | 43,6 | 20 | 757,2 | 345 ,2 | ..... | 330,1 |
| | 41 | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | ..... | 43,6 | *id.* | 762,6 | *id.* | ..... | 332,4 |
| | 41 *bis.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | *id.* | ..... | 43,47 | *id.* | 761,3 | ...... | ..... | 331 |

(1) En faisant ces expériences, j'ai eu occasion de remarquer un fait assez curieux qui mérite d'être rapporté. Lorsque l'on modifie, par degrés insensibles, l'ouverture de la bouche d'un tuyau de flûte ordinaire, ouvert par les deux bouts, on finit par lui donner une grandeur telle que le son fondamental et son octave en sortent avec la même facilité. Dans ce cas, le tuyau rendant actuellement le ton le plus grave, si l'on agite l'air avec la bouche près de l'orifice du tube, perpendiculairement à sa direction, comme pour éteindre une bougie, le courant d'air générateur du son continuant d'ailleurs avec une vitesse constante, le ton passe à l'octave aiguë et y persiste. Alors, si l'on fait sonner, par un autre tuyau, l'octave grave (je me servais d'une anche de Grenié) un peu fortement, le tuyau de flûte repasse à l'octave grave; et cette alternative est reproduite par les mêmes moyens autant de fois qu'on le désire. On peut, par cet artifice, comparer très-exactement les deux premiers tons donnés par le même tuyau ouvert par les deux bouts; il n'y a ici aucune altération dans la vitesse du courant, ni dans la grandeur de la bouche, qui puisse troubler le rapport des deux tons. On voit ainsi qu'ils sont presque rigoureusement à l'octave l'un de l'autre (*). Je ne me suis même aperçu d'une légère altération que par les battemens qui devenaient plus sensibles, pour l'un des sons, quand je l'associais à un son faible d'une anche expressive, et plus marqués pour l'autre quand la même anche parlait plus fortement.

Il n'en est pas de même des deux tons que rend le même tuyau successivement ouvert ou fermé par son extrémité opposée à l'embouchure : ils ne sont point exactement à l'octave l'un de l'autre. Le tuyau fermé donne un son qui est à peu près d'un demi-ton au-dessus de l'octave grave du son rendu par le tuyau entièrement ouvert. Voilà, du moins, le rapport que l'on observe sur un tuyau de la dimension que je viens d'indiquer.

(*) Le tuyau avait 60 cent. de longueur; il donnait à peu près l'*ut* du milieu du clavier.

La vitesse du son calculée en partant de l'intervalle des surfaces nodales approcherait donc davantage, d'après ces observations, de la vitesse réelle dans l'air libre. Il est très-remarquable que, dans la même expérience qui donne un résultat moins erronné par l'intervalle de deux nœuds consécutifs, la demi-concamération finale donne toujours, au contraire, un écart plus grand. Tel est le résultat obtenu avec des tuyaux bien proportionnés, c'est-à-dire, construits d'après les règles des facteurs d'orgues ; mais c'est le contraire sur le tuyau de la 63[e] expérience, beaucoup plus allongé, et dont il était difficile d'obtenir le son fondamental ; la plus légère augmentation dans la vitesse du courant le faisant octavier.

On peut conclure de tout ce qui précède, que la valeur absolue de la vitesse du son dans l'air libre ne peut être exactement déduite de la position des surfaces nodales déterminée par le procédé de Daniel Bernoulli, lorsque d'ailleurs la durée des vibrations de la colonne d'air ne laisse aucune incertitude dans sa mesure.

Le nombre 333[m] que j'ai adopté pour la vitesse à 0° est la moyenne d'un très-grand nombre d'observations qui diffèrent peu entr'elles. J'ai vérifié, par des expériences directes, que le coëfficient $\sqrt{1+0{,}00375\,t}$ représente fidèlement les variations qui dépendent de l'inégalité des températures, du moins entre 4° et 22° centigr. J'ai trouvé, par exemple, que le même tuyau, pour le même mode de division de la colonne d'air, rendait à 22° un son de 500 vibrations par seconde, tandis qu'à 4° le son correspondait seulement à 484,8. La formule, en partant du premier nombre, indiquait 484,2, qui

ne diffère que d'un millième environ du nombre obtenu par l'observation.

Nous avons déjà rejeté, comme contraire à l'expérience, la supposition que les parois du tuyau influent sur la température de la colonne d'air pendant les diverses périodes de ses oscillations. La vitesse de propagation du son serait-elle donc moindre dans une colonne cylindrique isolée de fluide élastique que dans le même milieu indéfiniment étendu dans tous les sens, comme M. Poisson a reconnu que cela devrait être pour un milieu à l'état solide? La différence de constitution des solides et des fluides élastiques rend cette conjecture peu probable. La discordance que nous observons entre les résultats de la théorie et ceux du calcul me paraît tenir beaucoup plus vraisemblablement à ce que l'on suppose, dans la théorie mathématique des tuyaux de flûte, que les vibrations s'exécutent parallèlement à l'axe du tuyau, et qu'il n'y a aucun mouvement dans le plan perpendiculaire à cette ligne; ce qui n'a pas lieu avec le mode d'embouchure généralement employé, ainsi que M. Savart s'en est assuré par des expériences très-concluantes (1). Je suis très-porté à croire aussi, d'après l'ensemble de mes observations, que les surfaces nodales qui s'établissent quand le tuyau est ouvert, ne sont pas de la même forme et n'occupent pas le même lieu lorsqu'on obtient le même ton du tuyau après l'introduction du piston.

J'ai voulu savoir si, avec un mode d'ébranlement plus conforme aux suppositions de la théorie, on arriverait

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIX, p. 406.

à une solution plus exacte. J'ai donc cherché à ébranler la colonne d'air renfermée dans un tuyau bouché par un bout, en faisant vibrer, à l'extrémité ouverte, une lame élastique dont le ton pouvait être déterminé fort exactement; c'était d'abord un simple diapason, dont je plaçais une des branches dans le plan de l'orifice d'un tube, que je raccourcissais, à volonté, en y versant du mercure jusqu'à ce que le ton rendu par le tuyau, et qui était toujours le même que celui de la tige élastique, fut le plus fort possible. Alors, en mesurant la longueur du tube, on pouvait, comme précédemment, en conclure une valeur de la vitesse du son. En faisant ces expériences, on s'aperçoit bientôt de la réalité du résultat auquel M. Poisson a été conduit par sa théorie, savoir : que le même tuyau peut rendre une infinité de sons peu différens les uns des autres, ou, ce qui est la même chose, que le même son peut être obtenu de tuyaux différens; mais j'ai toujours employé la profondeur correspondant au son le plus intense.

A la température de 20°, une verge élastique qui rendait un son de 504 vibrations par seconde, faisait résonner le plus fortement une colonne d'air de $33^{c},2$ de longueur et renfermée dans un tuyau bouché par un bout. En considérant la longueur de cette colonne comme une demi-concamération finale, elle correspondrait à une vitesse de $334^{m}$, au lieu de $345^{m},2$. — J'ai fait souder un disque de cuivre de 2 centimètres de diamètre à chacune des branches d'un autre diapason; ce qui a fait descendre le ton d'une tierce et $\frac{1}{4}$ de ton : j'ai déterminé le nombre des oscillations correspondant à cette modification de l'instrument, et, en le faisant

vibrer à l'orifice d'un tube dont je variais à volonté la profondeur ; j'ai déterminé celle qui donnait le son le plus intense :

| | |
|---|---|
| Nombre de vibrations........ | 664,4 ; |
| Profondeur du tube.......... | 22$^{c}$,9 ; |
| Profondeur d'après la théorie... | 25 ,9. |

Ainsi ce nouveau mode d'ébranlement, qui doit produire des mouvemens parallèles à l'axe du tuyau, conduit encore à une vitesse trop faible ; mais cela tient, sans doute, à ce que l'orifice se trouve plus ou moins obstrué par la présence de la lame solide vibrante. Dans la 2$^{e}$ expérience, où la lame élastique couvre une plus grande partie de l'orifice, on voit, en effet, que la différence est plus grande : au surplus, comme il s'agirait ici de comparer les intensités de plusieurs sons successifs, on ne pourrait pas espérer d'un procédé fondé sur ce principe une précision suffisante pour l'objet qui nous occupe.

Il me paraît bien établi, par les expériences ci-dessus rapportées, que la relation indiquée par la théorie entre la vitesse du son dans l'air libre, et la longueur, telle qu'on sait l'observer, des concamérations qui se forment dans un tuyau de flûte, ne se vérifie pas exactement : j'avais en vue quelques autres expériences propres à manifester d'une manière plus évidente la cause de cette discordance ; mais, afin de ne pas m'écarter du sujet principal de mes recherches, j'ai préféré, pour le moment, de m'assurer si l'erreur, qu'elle qu'en soit la cause, n'affecterait pas proportionnellement la

mesure de la vitesse de propagation du son dans tous les fluides élastiques. J'avoue que, en lisant un Mémoire de M. Biot sur ce sujet (1), je me sentis presque découragé, en voyant que le même tuyau enflé successivement avec plusieurs fluides élastiques se trouvait partagé en colonnes vibrantes de longueurs fort inégales; cependant, comme la cause de cette inégalité ne me parut pas très-clairement expliquée, [illegible] que, d'ailleurs, j'attachais une grande importance à la détermination qui fait l'objet de ces recherches, je voulus reconnaître moi-même quel genre d'obstacles il fallait surmonter. Je construisis donc un appareil qui permît de comparer le plus nettement possible les sons donnés par le même tuyau, que l'on ferait parler successivement avec divers fluides élastiques, et de rechercher comment les surfaces nodales se déplaçaient en substituant un fluide à un autre; soupçonnant que l'impulsion variable pour les divers gaz pouvait influer sur le résultat, je me suis attaché à rendre les expériences plus exactement comparables.

Le tuyau de flûte placé dans une grande caisse de bois doublée de plomb en dehors et en dedans, et convenablement étayée dans l'intérieur pour supporter la pression de l'atmosphère, recevait d'un gazomètre à pression constante le fluide élastique préalablement desséché par un sel déliquescent ou [illegible] de la chaux caustique. Sur la face de la caisse opposée à celle qui était traversée par le porte-vent, on avait pratiqué trois ouvertures; l'une, bouchée par un disque de glace, derrière lequel

(1) *Bulletin de la Société philomathique*; 1816, p. 192.

était un thermomètre ; l'ouverture du milieu communiquait avec un large tube de verre qui pouvait être fermé par un bouchon à vis ; enfin, la troisième ouverture laissait passer, à travers une boîte à cuir, une longue tige rodée qui servait à introduire un piston dans le tuyau, afin de connaître la position de la surface nodale. Après avoir fait le vide dans la caisse à l'aide d'un tube de plomb que l'on vissait sur la machine pneumatique, on la remplissait avec un fluide élastique ; puis, en ouvrant le bouchon à vis, l'écoulement du gaz qui faisait parler le tuyau continuait sous la pression constante de l'atmosphère, sans que l'air extérieur pût se mêler avec le gaz intérieur ; après avoir pris l'unisson du ton fondamental donné par chaque fluide élastique, lorsque le tuyau était ouvert, on introduisait le piston, pendant que l'écoulement du gaz et le son se prolongeaient, jusqu'à ce que l'on eût obtenu le ton primitif ; alors l'enfoncement de la tige permettait, dans chaque cas, de connaître la position de la surface nodale. Toutes les précautions que j'avais prises pour rendre les résultats comparables m'ont permis de reconnaître bientôt, contre l'assertion de notre savant confrère, que la nature du fluide élastique n'apporte aucun changement dans le mode de division d'une colonne de même longueur. Si l'on cherchait à déterminer la vitesse absolue de propagation du son dans les divers fluides, d'après la distance de la surface nodale à l'orifice du tuyau, on trouverait, dans cette circonstance, une erreur plus grande encore que dans les exemples précédemment cités ; car, pour le même nombre de vibrations que la colonne est plus courte ; ce serait à peu près la même

chose que si, avec la disposition ordinaire, l'on prenait pour base la demi-concamération tournée du côté de l'embouchure. Il arrivait même, dans mon appareil, que, par les proportions accidentelles de longueur et de diamètre du tube d'écoulement, la surface nodale était sensiblement au milieu du tuyau, c'est-à-dire, que l'influence de toutes les parties extérieures était précisément la même que celle de son embouchure. Je ne crois pas qu'il faille chercher ailleurs que dans la moindre ouverture de la bouche, comparée à l'orifice du tuyau, la cause de l'inégalité de longueur des deux concamérations situées de part et d'autre de la surface nodale, dans un tuyau ouvert, et qui rend le son fondamental. On voit, en effet, dans l'expérience que je viens de décrire, qu'un obstacle quelconque, apporté au mouvement de l'air du côté de l'orifice, a pour résultat de faire avancer la surface nodale de ce côté, c'est-à-dire, de raccourcir la colonne vibrante. Quoi qu'il en soit, il est certain que, avec les gaz les plus différens par leurs propriétés physiques, tels que le gaz hydrogène et le gaz acide carbonique, la surface nodale était exactement à la même place. Ce point était trop capital pour que je ne cherchasse pas à le mettre hors de doute, aussi ne l'ai-je admis comme un fait positif et général, qu'après l'avoir vérifié sur six gaz différens; mais, ce principe une fois reconnu, il est évident qu'il suffit de constater les nombres de vibrations correspondant aux tons obtenus des mêmes tuyaux, parlant successivement avec tous les fluides élastiques; ces nombres exprimeront les rapports des vitesses de propagation du son dans les divers fluides. On pourra donc déterminer, par

un calcul très-simple (1), la valeur du rapport de la chaleur spécifique à pression constante, à la chaleur spécifique à volume constant pour tous les fluides élastiques, autres que l'air atmosphérique ; la valeur de ce même rapport étant connue, quant à ce dernier fluide, par la comparaison de la vitesse réelle et de la vitesse calculée d'après la formule de Newton. La table suivante présente des résultats relatifs à six fluides élastiques, choisis convenablement parmi ceux que l'on peut se procurer en assez grande quantité.

---

(1) Soient $n$ et $n'$ les nombres de vibrations en une seconde de deux sons rendus par le même tuyau, le premier avec l'air atmosphérique, le deuxième avec un autre gaz d'une densité $= P$, celle de l'air étant 1 ; $k$ le rapport des deux chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant, pour l'air ; $k'$, la quantité analogue pour l'autre gaz ; on a la relation très-simple : $n : n' :: \sqrt{(1+0,00375\,t)}\,\sqrt{k} : \dfrac{\sqrt{(1+0,00375\,t')}\,\sqrt{k'}}{\sqrt{P}}$ ; où $k'$ est la seule quantité inconnue.

| Noms des fluides élastiques. | Tons donnés par le même tuyau de 60 cent. | Nombre de vibrations en une seconde sexag. | Température, ther. centig. | Nombres adoptés dans le calcul pour la densité du fluide. | Vitesse de propagation du son, à la température de 0°, d'après la formule de Newton. | Vitesse de propagation du son, à la température 0°, déduite du ton donné par chaque fluide. | Rapport de la chal. spécif. à pression constante, à la chaleur spécifique à volume constant. | Chaleur spécifique à volume constant, celle de l'air étant prise pour unité. | Chaleur spécifique à pression constante, celle de l'air étant prise pour unité. | Chaleur spécifique à pression constante, d'après les observations de Laroche et Bérard. | Élévation de température produite par une condensat. d'$\frac{1}{267}$ du vol. primitif, supposé à 0° et à 0m,76. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Air atmosphérique. | $ut_1$ méd. | 500,4 | 22° | 1 | 279m,29 | 333m | 1,421 | 1 | 1 | 1 | 0°,421 |
| Gaz oxigène...... | + $si_{-1}$ | 474,9<br>475,2<br>474,5 | 21 | 1,1026 | 266 | 317 ,17 | 1,415<br>1,417<br>1,413 | 1 | 1 | 0,976 | *id.* |
| Hydrogène....... | — $si_3$ | 1883,6<br>1881 | 17 | 0,0688 | 1064 ,8 | 1269 ,5 | 1,409<br>1,405 | 1 | 1 | 0,903 | *id.* |
| Acide carbonique.. | $sol_{-1}$ | 393,18<br>392,68 | 22<br>20 ,5 | 1,524 | 226 ,24 | 261 ,6 | 1,357<br>1,340 | 1,249 | 1,175 | 1,258 | 0 ,337 |
| Oxide de carbone.. | + $ut_1$ | 501,3<br>503,07 | 15 | 0,974 | 283 | 337 ,4 | 1,423<br>1,433 | 1 | 1 | 1,034 | 0 ,423 |
| Oxide d'azote..... | $sol_{-1}$ | 392,7 | 20 ,5 | 1,527 | 226 | 261 ,9 | 1,343 | 1,227 | 1,16 | 1,35 | 0 ,343 |
| Gaz oléfiant...... | — $si_{-1}$ | 466,9 | 16 | 0,981 | 281 ,90 | 314 | 1,240 | 1,754 | 1,531 | 1,553 | 0 ,240 |
| n° 1. | n° 2. | n° 3. | n° 4. | n° 5. | n° 6. | n° 7. | n° 8. | n° 9. | n° 10. | n° 11. | n° 12. |

C'est, surtout, relativement au gaz hydrogène, que mes résultats diffèrent de ceux des précédens observateurs. La faible densité de ce fluide rend énormes les erreurs provenant du mélange accidentel de quelques portions d'un autre gaz permanent, ou même de vapeur d'eau. Préparé avec toutes les précautions nécessaires pour l'avoir pur, il donne sensiblement la double octave aiguë du ton rendu par l'oxigène. Chladni n'avait jamais trouvé plus d'une dixième d'intervalle, quelquefois qu'une octave. Le nombre obtenu par M. Van Rees, quoique moins erroné, était encore de $\frac{1}{9}$ environ plus faible que ne l'aurait voulu la formule de Newton. En sorte que la vitesse de propagation du son, loin d'être augmentée dans ce fluide, aurait été diminuée par l'effet des compressions et des dilations alternatives; ce qui eût été incompréhensible dans la théorie actuelle (1). Au surplus, les erreurs eussent été beaucoup plus faibles qu'elles se seraient encore opposées à la manifestation de la loi du phénomène.

---

(1) On trouve, dans le grand ouvrage (*Lectures on natural philosophy*, vol. II, p. 409) de M. Young, un passage qui ferait supposer que l'auteur s'est lui-même livré à des recherches expérimentales pour déterminer la vitesse réelle du son dans les fluides élastiques; bien qu'il ne rapporte aucun nombre, aucune indication précise de ses résultats. M. Young se borne à dire que « il paraît (je traduis littéralement), d'après « les expériences faites sur les sons rendus par les diverses « espèces de gaz, que la correction relative à la vitesse du « son serait presque la même (*nearly the same*) pour tous. » Cette assertion est bien éloignée de la conséquence à laquelle

Je ne puis m'empêcher de rappeler, à cette occasion, combien la science est redevable aux physiciens, dont les travaux ont pour objet de porter plus de précision dans la détermination des coëfficiens numériques qui deviennent des élémens théoriques d'un usage journalier. Pour être obtenus avec une exactitude suffisante, et pour conduire à la découverte d'une loi physique, les nombres contenus dans la huitième colonne du tableau précédent nécessitaient la connaissance préalable, 1° de l'intensité de la pesanteur; 2° du rapport de la densité du mercure à celle de l'air; 3° des coëfficiens de dilatation des gaz et du mercure; 4° du rapport des densités des fluides élastiques; 5° de la vitesse réelle du son dans l'air; et 6° enfin, de la durée des vibrations d'une colonne de même longueur de tous les gaz. Une erreur un peu considérable, même sur une seule de ces données, aurait empêché d'apercevoir la relation existante entre les phénomènes qui nous occupent.

Les nombres qui marquent le rapport des deux chaleurs spécifiques sont tous plus grands que l'unité : ce qui doit être, puisque c'est la chaleur spécifique à volume con-

---

m'a conduit mon travail; car, parmi les gaz mentionnés dans le tableau précédent, qui ne comprend pas sans doute les extrêmes, la correction, dont il s'agit, varierait déjà du simple au double. Les résultats théoriques de M. Ivory ne s'accordent pas mieux avec mes recherches, puisque, suivant cette théorie, le rapport des deux chaleurs spécifiques, ou le facteur par lequel il faudrait multiplier la vitesse théorique du son pour passer à la vitesse réelle, devrait être *le même* pour tous les gaz. (*Phil. mag. new series*, t. 1, p. 253.)

stant que l'on suppose = 1, et que la quantité de chaleur nécessaire pour produire une même élévation de température avec dilatation est toujours plus grande que celle qu'il faudrait pour accomplir la même variation de température sans changement de volume. Ainsi, la chaleur nécessaire pour faire varier d'un degré une certaine masse de gaz, d'air, par exemple, lorsque son volume reste invariable, étant prise pour unité, la chaleur nécessaire pour produire une élévation de 1° dans la même masse, libre de se dilater sous sa pression primitive, serait 1,421 ; et son volume augmenté de $\frac{1}{267}$, si l'on partait de la température 0°. Maintenant, supposons que, après avoir subi ce changement de température et de volume, la masse soit instantanément réduite à son volume primitif sans éprouver aucune perte de chaleur, l'élévation de température qui se manifestera sera due tout entière à la portion de chaleur correspondante au seul changement de volume, à la quantité de chaleur qu'absorberait la même masse en se dilatant de $\frac{1}{267}$, sans changer de température ; et comme la capacité, sous le volume primitif, est prise pour unité, l'excès 0,421 du premier nombre sur l'unité sera la mesure de l'effet *thermométrique* produit dans la masse, sous un volume constant, par la chaleur que dégagerait une compression équivalente à $\frac{1}{267}$. Le même raisonnement s'applique à tous les autres fluides élastiques, et l'on peut ainsi comparer les élévations de température qui résulteraient, dans tous ces corps, d'une même compresssion.

On voit que, pour les gaz oxigène, hydrogène et pour l'air, c'est-à-dire, pour les gaz simples, le rapport des deux chaleurs spécifiques est, à fort peu près le même.

Comme c'est en élevant au carré les nombres fournis immédiatement par l'observation que l'on obtient ces coëfficiens, on ne fera aucune difficulté d'attribuer aux erreurs de l'expérience les petites différences que l'on y aperçoit.

La fraction qu'ils comprennent pouvant être regardée comme exprimant l'élévation de température produite dans ces fluides par une condensation subite de $\frac{1}{267}$ de leur volume à 0°; on en conclurait donc que ces gaz, en subissant une même condensation, éprouvent une même *élévation de température*; or, s'il est reconnu que les gaz élémentaires ont la même chaleur spécifique sous une pression constante (1), la manière la plus simple et la plus probable de beaucoup d'interpréter ce resultat, c'est d'admettre que la chaleur spécifique de ces gaz à volume constant est aussi la même, et que tous ces fluides dégagent une même *quantité absolue de chaleur* pour une condensation égale. Quant aux autres substances gazeuses, on voit que le rapport des 2 chaleurs spécifiques devient en général d'autant plus petit, que le gaz auquel appartient ce coëfficient, possède une capacité plus grande; par conséquent, *l'élévation de température* produite, dans ces divers gaz, par une même condensation, est d'autant plus faible que la chaleur spécifique est plus grande.

On est ainsi conduit à rechercher si ces différences de température ne proviendraient pas *uniquement* de la différence de capacité des divers fluides. Les rapports qui résulteraient de cette supposition entre les chaleurs

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. x, p. 406.

spécifiques des quatre gaz composés sur lesquels j'ai opéré, se lisent dans la neuvième colonne du tableau précédent; et, en calculant, toujours dans la même hypothèse, les chaleurs spécifiques sous une pression constante, on trouve des nombres qui diffèrent très-peu de ceux qu'ont obtenus, par des observations directes, Bérard et Laroche, ainsi qu'on peut le voir en confrontant les colonnes 10[e] et 11[e] du tableau de la page 150. (1)

Il en serait donc des gaz composés comme des gaz

---

(1) Si l'inégalité des effets thermométriques, produits dans tous les gaz par un même changement brusque de densité, dépendait seulement d'une différence de capacité, les variations de température correspondantes devraient être, en raison inverse, des chaleurs spécifiques, *à volume constant.* Ainsi, par exemple, les variations correspondantes de température éprouvées par l'air et l'acide carbonique étant 0,421 et 0,337, le rapport des chaleurs spécifiques de ces deux fluides, à volume invariable, serait obtenu par la proportion 0,421 : 0,337 :: $x$ : 1, qui donne $x = 1,249$. La capacité de l'acide carbonique serait donc d'un quart plus grande que celle de l'air, lorsque les volumes ne peuvent pas changer. Mais, si l'on comparait les capacités des deux mêmes corps sous une pression constante, leur rapport se trouverait, en ajoutant 0,421 aux deux termes du précédent; et, si l'on prend encore pour unité la chaleur spécifique de l'air sous une pression constante (en remarquant bien que cette unité n'a plus la même valeur que précédemment, quoiqu'elle se rapporte au même corps), on trouvera la capacité de l'acide carbonique par cette proportion, 1,421 : 1,249+0,421 :: 1 : $x$ = 1,175. Les autres nombres ont été obtenus de la même manière.

simples, et nous serions conduits à cette loi générale remarquable par sa simplicité, savoir : 1° *que des volumes égaux de tous les fluides élastiques pris à une même température et sous une même pression, étant comprimés ou dilatés subitement d'une même fraction de leur volume, dégagent ou absorbent la même* QUANTITÉ ABSOLUE DE CHALEUR ; 2° *que les variations de* TEMPÉRATURE *qui en résultent sont en raison inverse de leur chaleur spécifique à* VOLUME CONSTANT.

Je ferai remarquer, en passant, que si les fluides élastiques composés avaient tous une même chaleur spécifique, sous un volume constant, comme le pensent MM. de La Rive et Marcet ; et si les différences observées par MM. de La Roche et Bérard tenaient à l'inégalité des quantités de chaleur provenant de la diminution de volume qui accompagne le refroidissement d'un fluide élastique soumis à une pression constante, les effets thermométriques, dont nous venons de parler, devraient se présenter dans un ordre inverse de grandeur. Ainsi, par exemple, la compression du gaz oléfiant devrait produire une élévation de température sensiblement plus grande que celle de l'air, tandis qu'elle est presque deux fois plus faible. Peut-être trouvera-t-on que le nombre des gaz sur lequel cette loi se trouve maintenant appuyée, n'est pas suffisant pour lui donner toute la certitude désirable ; mais indépendamment de ce que la chaleur spécifique à pression constante n'a été déterminée jusqu'ici pour aucun autre gaz que ceux sur lesquels j'ai opéré, je me trouve dans la nécessité de modifier mes appareils pour expérimenter sur d'autres fluides élastiques. Dans mes premiers essais, j'avais été forcé de donner des dimen-

sions considérables (60 centimètres de longueur) au tube sonore, et, par suite, à l'enceinte destinée à le contenir, parce qu'il devenait indispensable d'établir, dans des circonstances identiques, une comparaison entre plusieurs gaz, parmi lesquels on ne pouvait manquer de comprendre l'hydrogène. En employant des dimensions plus petites, la plupart des gaz auraient rendu des sons facilement appréciables; mais le ton du gaz hydrogène aurait pu se trouver si aigu qu'il n'aurait plus été possible d'en évaluer exactement le nombre de vibrations, d'autant plus que le peu d'intensité qui lui est propre le rend encore moins distinct. Tel est le volume de la boîte qui m'a servi jusqu'à présent, qu'il ne me fallait pas moins de 100 à 120 litres de fluide pour chaque observation; et, par la nature même du procédé, cette masse ne pouvait servir qu'une fois. La préparation de ces expériences devenait ainsi fort pénible et très-dispendieuse; mais maintenant qu'il n'est plus nécessaire de comprendre le gaz hydrogène dans la série des substances à examiner, on peut considérablement réduire le volume intérieur de la caisse; la plupart des gaz devant donner des tons compris dans l'intervalle d'une quinte. Après avoir fait servir encore quelques autres corps à la vérification et à l'établissement définitif de la loi, j'espère pouvoir employer celle-ci à déterminer la chaleur spécifique des autres gaz pour lesquels on ne possède pas d'observations directes. Je dois aussi faire un changement nécessaire à mes appareils, pour rechercher les altérations qui surviennent dans la valeur des coëfficiens déterminés dans ce Mémoire, lorsque l'on fait varier la température et la pression. Déjà même

j'ai tenté plusieurs expériences qui avaient pour but de manifester la loi suivant laquelle varient les chaleurs spécifiques, quand la pression subit des variations connues; mais ces expériences ne sont point encore assez multipliées, pour que je puisse compter sur leurs résultats. Ce sera l'objet d'un deuxième Mémoire, où j'examinerai aussi les lois de la chaleur spécifique des gaz composés relativement à leur composition. Les quatre exemples compris dans le tableau s'accordent avec la loi que nous avons annoncée (1) relativement à la capacité des corps composés; mais on ne peut rien affirmer jusqu'à ce que l'on possède des observations relatives à tous les modes connus de contraction dans la combinaison des gaz élémentaires. Parmi les déductions les plus importantes de la loi précédemment énoncée, j'en citerai seulement une qui exigera cependant encore quelques essais pour être convenablement établie. Si les gaz permanens simples ou composés dégagent la même quantité absolue de chaleur pour une même condensation, les circonstances initiales étant identiques, les vapeurs devront suivre aussi la même loi, si l'on a soin d'établir la comparaison de manière que la distance des particules étant la même dans l'état primitif du fluide, elle se trouve encore égale après la condensation. On voit maintenant pourquoi les chaleurs latentes, mesurées comme on l'a fait jusqu'ici, n'ont paru soumises à aucune loi; en les considérant sous ce nouveau point de vue, elles ne présenteront plus qu'un cas particu-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. x, p. 407 et 408.

lier de la loi générale que j'ai cherché à établir aujourd'hui ; c'est ce que j'ai déjà vérifié, quoique d'une manière encore incomplète, sur des observations entreprises il y a plus de douze ans, mais que je ne publiai point alors, parce que, ne possédant pas encore la clef de cette théorie, mes recherches demeurèrent sans succès. Je me borne, au reste, à indiquer ici cette idée, que je développerai avec tous les détails qu'elle mérite, dans la deuxième partie de ce travail.

---

## Lettre *de M.* Huber-Burnand *à M. le professeur* Prevost, *sur l'écoulement et la pression du sable.*

(M. Huber-Burnand présenta, il y a deux ans, à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève un anémomètre, dans lequel la force et la durée du vent étaient appréciées par la quantité de sable qui s'échappait d'une ouverture variable et proportionnelle en grandeur à l'énergie de l'agent qu'il s'agissait de mesurer. M. Prevost éleva, à ce sujet, la question de savoir si le sable dans son écoulement ne se comporte pas jusqu'à un certain point à la manière des liquides, et si par conséquent sa chute n'est pas d'autant plus rapide, que sa hauteur dans le vase qui le contient est plus grande : il indiqua en même temps les recherches que l'on pourrait encore faire sur le mode d'agir du sable dans la pression qu'il exerce. Telle est l'origine et le motif des expériences soumises par M. Huber à M. Prevost dans cette

lettre, qu'on a bien voulu nous communiquer pour l'impression.)

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Mes premiers essais m'avaient appris que, pour obtenir une chute de sable un peu régulière, il était indispensable qu'il fût tamisé avec le plus grand soin, mais qu'il ne devait pas être d'une ténuité semblable à celle de la farine. Le sable employé par les fondeurs serait trop fin pour cet usage : sa chute serait fréquemment interrompue sans qu'on pût en assigner la cause; il tomberait par masses; au lieu que celui qui sert à faire les tuiles, étant bien tamisé au travers d'une de ces gazes en coton qu'on désigne par le nom de *bétilles*, coule avec la plus grande facilité. Les jours de cette gaze sont produits par un croisé qui présente quinze fils sur dix-huit dans l'espace d'un centimètre. Une autre condition nécessaire pour l'écoulement non-interrompu du sable, c'est que l'ouverture d'écoulement soit au moins de deux millimètres en largeur.

Ces premières données une fois acquises, je pouvais procéder aux recherches que j'avais en vue. Pour cela, je fis construire une caisse de bois de huit décimètres de hauteur sur trois de largeur; et une autre de douze de hauteur sur un seul de diamètre.

Elles étaient ouvertes par le haut et munies sur leur fond inférieur de quatre palettes à coulisses, disposées en croix, de manière à permettre d'élargir ou d'allonger la fente à volonté; mais j'eus soin de diminuer l'épaisseur des palettes en les taillant en biseau du côté extérieur, afin que l'ouverture ne se trouvât point embarrassée par l'épaisseur du bois, ce dont j'avais déjà reconnu les

inconvéniens. J'élevai ces deux caisses sur quatre pieds pour la commodité des opérations, et je me procurai une excellente montre à secondes fixes, nécessaire pour l'exactitude des résultats. J'avais aussi un tube de verre gradué dans lequel je mesurai le volume : enfin l'on m'avait prêté des balances très-sensibles avec des poids décimaux métriques parfaitement exacts. J'ajouterai à cela que tous mes essais ont été répétés plusieurs fois, et que j'avais acquis, à la longue, l'habitude de ces expériences dans lesquelles le retard d'un quart de seconde aurait pu apporter de grandes variations.

Dans les expériences les plus délicates, j'ai substitué des palettes métalliques graduées en millimètres, aux palettes en bois : cependant elles laissèrent encore beaucoup à désirer pour leur parfaite exactitude.

Je diviserai mes recherches en deux parties, celles qui ont pour objet spécial l'écoulement du sable, et celles qui concernent plus particulièremsnt sa pression comme servant d'explication aux phénomènes qui résultent des premières.

### I. *Écoulement du sable.*

§ 1. La quantité de sable qui s'écoule dans un temps donné par une ouverture donnée, a été absolument la même, soit pour le volume, soit pour le poids, quelle que fût la hauteur du sable dans la caisse au commencement de l'expérience, ou sa *hauteur initiale*. Il y avait cependant quelquefois des variations, en plus ou en moins, de deux ou trois grammes : elles étaient causées le plus souvent par [illegible]ulté d'introduire et de retirer à temps le vase [illegible] recevoir le [illegible]; mais elles se

compensaient, et elles disparaissaient quand il s'agissait de quantités telles que quatre à cinq cents grammes. On employait ordinairement trois minutes à cette observation; on pesait les quantités obtenues deux fois de suite pendant quatre-vingt-dix secondes; et quand elles étaient égales on les comptait pour bonnes, on les réunissait, et on les comparait ensuite à d'autres obtenues de la même manière avec des colonnes de sable d'une hauteur différente. Quoique les différences de hauteur fussent quelquefois décuples, cependant les résultats furent toujours parfaitement semblables.

§ 2. Le sable, écoulé par une fente large de deux à trois millimètres, a toujours été en raison directe de la longueur de la fente : ce qui peut être d'une application très-utile dans quelques machines de physique. Mais la moindre variation dans la largeur de la fente détermine, dans la quantité du sable écoulé, un accroissement qui dépasse la proportion simple des surfaces de l'orifice; autant du moins que je puis en juger avec les moyens imparfaits qui étaient à ma disposition.

§ 3. Le sable, sortant par des ouvertures latérales pratiquées dans les parois de la caisse, s'écoulait avec la même vitesse, quelle que fût la hauteur de la colonne. Mais si les trous étaient percés horizontalement et n'avaient pas un diamètre à peu près égal à l'épaisseur de la planche, il ne tombait pas un seul grain de sable de ces ouvertures, quelle que fût la hauteur du sable dans la caisse.

§ 4. Le sable, versé dans un tube deux fois coudé à angle droit, ne remonte pas comme le ferait un liquide

dans le tube opposé ; il s'étend à peine dans le tube horizontal à une très-petite distance du coude.

§ 5. Quelle que soit la pression que l'on fait subir au sable renfermé dans une caisse, elle n'influe en aucune manière sur la quantité de sable qui s'écoule par une ouverture donnée, située au fond de la caisse ou sur les côtés. L'expérience a été faite successivement avec des masses de fer de 12 et de 25 kilogrammes.

§ 6. Une règle implantée perpendiculairement dans le haut de la colonne de sable, et précisément dans la direction de l'ouverture inférieure, descend dans le sable et avec le sable, sans s'incliner d'aucun côté et avec un mouvement parfaitement uniforme, à peu près aussi régulier que celui d'une horloge.

Une règle de trente-huit centimètres descendait à volonté d'un centimètre par minute ou par seconde ; une roue à godets, placée dans l'intérieur de la caisse, et munie d'une aiguille au dehors, se mouvait aussi avec une étonnante régularité, mais très-lentement. Si la règle, au lieu d'être placée au centre du mouvement, est située plus près des bords de la caisse, elle s'incline avec une admirable uniformité, comme l'aiguille d'une montre ; mais en même temps elle descend et avance vers le centre par un mouvement très-lent.

La vitesse de cette règle dépend donc premièrement de la place qu'elle occupe dans la caisse, et ensuite du degré d'ouverture de l'orifice d'écoulement. Elle est probablement aussi en raison du rapport qui existe, entre la surface de l'orifice et la largeur de la caisse, puisqu'elle dépend de la quantité de sable qui s'écoule

à chaque instant, et de celle qui reste dans la caisse même.

Avec plus de soin et quelques modifications dans l'appareil, on parviendra probablement à régulariser, plus que je ne l'ai fait, la marche des mobiles entraînés par le frottement du sable.

Je ferai remarquer en passant qu'il n'existe peut-être aucune autre force naturelle sur la terre qui produise d'elle-même un mouvement parfaitement uniforme, et qui ne soit altéré par la gravitation, par les frottemens, ou par la résistance de l'air. Or, on voit ici que la hauteur de la colonne n'influe point sur la vitesse de la marche du sable; elle ne hâte ni ne retarde son mouvement. Quant au frottement, loin d'être un obstacle, il devient lui-meme la cause directe de la régularité et de l'uniformité du mouvement; c'est ce dont on aura la preuve par la suite de mes expériences. Enfin, la résistance de l'air dans l'intérieur d'une colonne de sable en mouvement doit être bien faible, puisque aucun des grains ne se meut d'une chute libre. Le clepsydre (à sable), cette horloge, qui a précédé toutes les autres, était donc fondée sur une base beaucoup plus philosophique qu'on ne l'avait supposé, et je me flatte un peu que mes recherches pourront lui être de quelque utilité pour les arts et les sciences.

§ 7. Après avoir étudié le sable en mouvement, j'ai étudié aussi la manière dont il se comporte lorsqu'il repose par tas sur un plan.

Pour cela, je commençai par placer des grains de sable isolés sur un plan mobile et susceptible d'être incliné à volonté; ils ne s'écoulaient guère que sous un angle de

30 degrés au moins ; quelques-uns demeuraient cependant sur le plan mobile jusqu'à 40 degrés d'inclinaison ; mais aucun n'attendait plus tard pour céder à la pesanteur et suivre le plan incliné.

Le sable ne prend jamais son niveau de lui-même ; l'angle ou les angles sous lesquels il se présente le plus volontiers après l'éboulement d'une partie de sa masse, sont presque toujours entre 30 et 33 degrés : il se maintient rarement à 35 degrés.

Dans un tas bien tamisé, les couches inférieures, inclinées elles-mêmes de 30 degrés avec l'horizon, servent naturellement de support aux supérieures ; mais la plus grande partie du poids de celles-ci est supportée par la portion du plan horizontal à laquelle elles aboutissent. Si l'on enlève la portion du sol sur laquelle elles appuient, la couche tout entière s'écoule aussitôt, laissant voir intacte celle sur laquelle elle reposait, inclinée sous un angle de 30 à 33 degrés. Cela explique pourquoi le sable ne s'écoule pas par des ouvertures horizontales, si elles sont plus profondes que larges ; dans ce cas, les couches supérieures trouvent des points d'appui sur les parois même du vase et un obstacle absolu dans les couches inférieures.

Cette disposition tient-elle à la forme des grains dont le sable est composé ? S'ils avaient plus de régularité, on pourrait le conjecturer ; mais, en les regardant au microscope, on y voit une telle variété, une telle disproportion, qu'il est impossible de s'arrêter à cette idée. La plupart de ces grains sont de petites lames cristallines, blanches, aplaties, mais diversement terminées ; on y voit d'autres roches grises, jaunes, brunes, de formes

si différentes qu'on ne pourrait les classer en catégories distinctes.

Afin de décider si la forme était pour quelque chose dans l'arrangement des parties, j'essayai d'autres matières que le sable, et je vis que des poids ou de la grenaille, quoique avec un peu plus de difficulté à se former en talus, affectaient à peu près le même angle et suivaient à tous égards les mêmes lois.

II. *Pression du sable et d'autres substances en grains.*

§ 1. Je plaçai un œuf au fond d'une caisse de sable, je le recouvris de quelques pouces de sable, et je chargeai celui-ci du poids de 25 kilogrammes. Cette expérience fut entièrement conforme à l'idée que je m'étais faite d'avance de son résultat. L'œuf resta dans son entier, sous le poids énorme qui le chargeait.

Je répétai cette épreuve en mettant le sable en mouvement au moyen d'une issue ménagée au fond de la caisse; mais le résultat fut le même dans cet essai, soit que l'œuf fût situé au milieu de la masse de sable, soit qu'il appuyât sur le fond de la boîte.

Cette expérience prouvait que la pression exercée par le poids de la masse de fer, était détournée et dispersée en tout sens par l'interposition du sable. Elle prouvait aussi qu'un corps plongé dans une masse de sable, est protégé par le sable comme il le serait par un liquide, quoique le sable ait une espèce d'action différente de celle du liquide, sur les parois qui le renferment.

Ces conclusions ayant quelque chose de paradoxal, je résolus d'avoir recours à une épreuve plus décisive.

§ 2. Je pris un tube de verre ouvert par les deux bouts; j'insérai verticalement l'une de ses extrémités dans un petit tube horizontal en bois, qui lui-même entrait exactement, par un de ses bouts, dans une boîte cylindrique verticale d'un centimètre de diamètre, et de 21 centimètres de hauteur.

Je remplis cette boîte de mercure, comme la cuvette d'un baromètre; il prit naturellement son niveau dans le tube vertical de verre; j'eus soin de marquer sa hauteur dans ce tube : alors j'adaptai à la boîte ou cuvette cylindrique un grand tube en fer-blanc de 65 centimètres de long et de 3½ centimètres de diamètre. Je remplis ce grand tube avec du sable, en ayant soin de le verser fort doucement pour ne pas faire réjaillir le mercure.

C'était là un véritable baromètre pour mesurer le poids du sable : des deux côtés il y avait pareil poids de l'air; ainsi rien ne s'opposait à l'équilibre du mercure et du sable. Quoique je m'attendisse à une partie du résultat, je fus surpris de voir que le sable n'avait rien ajouté au poids du mercure : le liquide métallique garda son niveau, à deux millimètres près; différence qui fut l'effet de quelques oscillations momentanées qu'éprouva la machine pendant l'opération; car, ayant changé de place l'appareil, le mercure reprit son niveau parfait comme avant l'expérience, et le conserva aussi longtemps que je maintins cet état de choses (1).

J'enlevai enfin le sable de dessus le mercure; il n'a-

---

(1) L'expérience se ferait plus simplement avec un tube recourbé en siphon à branches parallèles; mais M. Hubert n'en avait pas à sa disposition.

vait point pénétré dans le liquide ; j'y substituai des pois secs. Le grand tube en fut complètement rempli ; leur poids était de $1\frac{1}{2}$ kilogramme : j'y ajoutai un poids d'un kilogramme et enfin une pression de la main telle qu'elle me faisait craindre de briser la machine. Néanmoins le mercure garda son niveau dans le tube de verre ; il ne s'éleva pas d'un millimètre. L'appareil resta plusieurs jours en expérience sans aucun autre résultat. Ainsi le poids du sable et des pois n'avait point agi sur le mercure.

Cette absence de pression sur le fond des vases fut encore mieux prouvée par les expériences suivantes.

§ 3. Je pris le même tube de fer-blanc et je le suspendis à une balance très-sensible ; je le contre-balançai exactement, et je le disposai de manière qu'il descendît presque jusque sur le plancher. Je plaçai sur le plancher même un petit cylindre massif, en bois, de 5 ou 6 centimètres de haut, et d'un diamètre un peu moindre que celui du grand tube, de manière que le tube embrassât le cylindre et pût jouer librement dans la direction verticale. Comme le tube était parfaitement équilibré et suspendu au bras de la balance verticalement au-dessus du petit cylindre massif, il pouvait aller et venir du haut en bas de celui-ci sans aucun frottement appréciable.

Alors je pesai une certaine quantité de pois secs et je les introduisis dans le grand tube de fer-blanc. Celui-ci perdit à l'instant sa mobilité, comme s'il fût devenu plus pesant : cependant il n'avait point de fond, et les pois devaient avoir trouvé un appui solide sur le sommet du cylindre de bois.

Je mis ensuite dans le bassin opposé de la balance, successivement un certain nombre de grammes, jusqu'à ce que je la fisse trébucher, et que le tube, en se séparant du cylindre, laissât sortir les pois qu'il renfermait.

Le poids nécessaire pour enlever le tube de dessus le cylindre fut, à très-peu de grammes près, égal à la pesanteur des pois secs que j'avais versés dans le tube; il ne s'en écarta que de vingt grammes, tandis que ce poids était de plus d'un kilogramme et demi : le tube paraissait donc s'être chargé de toute la pesanteur des pois auxquels il donnait son appui.

L'expérience, répétée avec des quantités différentes ou avec des poids additionnels, réussit toujours, et souvent à huit ou dix grammes près.

Mais on pouvait encore objecter que le cylindre inférieur avait supporté en quelque manière le poids de la colonne. Il fallait faire la contr'épreuve, et pour cela je fis l'expérience inverse.

§ 4 et 5. Je rendis cette fois le tube fixe en le suspendant par deux cordons à deux supports latéraux, mais en même temps je suspendis au bassin de la balance le petit cylindre massif, de manière qu'étant équilibré d'avance, il fût introduit librement d'un demi-pouce dans le tube de fer-blanc, et qu'au moindre poids additionnel il pût s'abaisser et laisser tomber sa charge.

Je versai alors 1 $\frac{1}{2}$ kilogramme de pois dans le tube : néanmoins le cylindre en bois qui était parfaitement libre ne s'abaissa point : j'y ajoutai le kilogramme et d'autres poids sans même le faire vaciller. Cependant on pouvait objecter que le petit cylindre adhérait aux parois du tube

de fer-blanc ; pour répondre à cette objection, et pour rendre l'expérience plus frappante, je supprimai entièrement le cylindre, et je me servis d'un disque : c'était tout simplement une plaque de bois plus large que le diamètre du tube, et appliquée contre le bout de celui-ci ; mais je fus obligé de mettre dans la balance le poids nécessaire pour que le disque et le tube fussent maintenus en contact. Ce poids était ordinairement de dix à quinze grammes.

Je remplis alors le grand tube avec du sable du poids de 1 et ½ à 2 kilogrammes, et j'y ajoutai des poids additionnels posés sur le haut de la colonne même du sable. Cependant le disque, retenu par le faible contre-poids de douze à quinze grammes, ne fit aucun mouvement. Si l'on eût ajouté ce même poids de quelque grammes à la partie du disque qui débordait le tube, on eût été très-sûr de le faire trébucher ; car cela seul le maintenait à sa place ; au moindre contact du doigt le sable fuyait par le bas, et tombait dans un bassin placé au-dessous.

Le disque était donc utile pour retenir le sable, et cependant il n'en supportait pas le poids ; il était tout sur les parois du grand tube de fer-blanc. Dix grammes eussent été une force suffisante pour faire perdre au disque sa position ; il la gardait cependant ; donc il n'était point chargé de la masse du sable.

§ 6. Pour ôter toute espèce de doute, je renonçai à l'usage de la balance ; j'approchai seulement du grand tube fixe un baquet d'eau, et je plaçai sur cette eau le disque de bois, le côté uni en dessus ; ensuite je fis descendre le bout du tube jusque sur le disque, et

j'ajoutai de l'eau dans le baquet jusqu'à ce que le disque fût contraint, par le seul poids de l'eau excédante, de se tenir collé contre le bout du tube. Puis je remplis le tube de pois secs; le disque ne fit pas un mouvement; sa présence seule contenait les pois, car sans lui tout aurait été submergé; mais les pois ne pesaient pas sur lui, puisque la moindre pression eût suffi pour les éparer du tube et faire chavirer tout l'appareil.

§ 7. Laissant toutes choses dans le même état, je versai de l'eau dans le grand tube; elle s'y maintint avec les pois pendant assez long-temps, et jusqu'à ce qu'un mouvement imprévu, causé par l'air comprimé qui se dégageait au bas du tube, fît incliner la machine. Alors les pois furent submergés dans le baquet et l'eau s'écoula en même temps. La même épreuve fut faite avec du sable; on versa dans ce sable beaucoup d'eau qui l'imprégna et demeura fort long-temps maintenue par le sable sans s'écouler.

Dans une autre épreuve, faite un peu différemment, le sable prit avec l'eau une telle consistance qu'il fallut beaucoup de peine pour le faire sortir du tube; celui-ci suportait alors le poids du sable et de l'eau en entier, plus la force nécessaire pour les expulser.

§ 8. On peut faire ces expériences en faisant simplement reposer le grand tube sur un petit tas de sable conique, tandis qu'il est encore suspendu au bassin de la balance; le sable n'échappe que lorsque les poids mis dans l'autre bassin équivalent à peu près à la pesanteur du tube et de son contenu.

Les mêmes épreuves réussissent avec du blé; je les

ai répétées sur de la grenaille, avec un égal succès, quoique celle-ci soit d'un très-grand poids.

On peut aussi les faire avec un simple rouleau de papier lié avec deux petits cordons; elles sont alors d'autant plus frappante que le poids acquis par le papier contraste mieux avec sa légéreté primitive.

§ 9. J'ai répété ces expériences avec un tube de fer-blanc évasé par le bas, et beaucoup plus large que le grand tube : le résultat fut le même. Cependant il n'est pas douteux qu'il y aurait un terme où le sable ne trouverait plus d'appui sur les parois du tube : ce serait lorsque l'inclinaison de ces parois avec le plan horizontal serait la même que celle du talus qu'affecte le sable en tas, c'est-à-dire, près de l'angle de 30°. J'ai aussi répété quelques-unes de ces épreuves avec un tube cylindrique de quatre pouces de diamètre avec le même succès.

§ 10. D'après tout ce que j'avais vu, je présumais qu'il serait très-difficile de chasser le sable au moyen d'un refoulement, même direct : j'en fis l'épreuve de la manière suivante. Je remplis le grand tube avec du sable; puis je le couchai horizontalement : je pris alors un cylindre de bois de plusieurs pieds de longueur et un peu moindre en diamètre qne le tube. Je cherchai à faire sortir le sable par un bout en le poussant par l'autre; mais ce fut en vain : j'aurais plutôt fait sauter les parois que de le faire céder d'un pouce. Le tube étant incliné à l'horizon de 20 degrés et l'effort étant ainsi aidé de l'action de la pesanteur, il n'y a pas eu moyen d'expulser le sable : il en eût été de même, à plus forte raison, si le tube eût été incliné en sens contraire. Cela explique fort bien pourquoi une

mine fermée avec du sable, joue tout aussi bien qu'une autre . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Yverdun, 15 janvier 1829.

*P. S.* 1°. Si, dans l'expérience § 2 de la pression, on verse de l'eau dans le tube qui contient les pois, on verra le mercure monter dans le tube de verre d'un quatorzième de sa hauteur totale : ce qui correspond à la pesanteur spécifique des deux liquides. L'eau seule agit à sa manière ordinaire; mais les pois n'exercent aucune pression.

2°. Voici encore une manière de faire l'expérience du tube, qui est à la portée de tout le monde. Ayez un tube de fer-blanc d'un pouce (3 centim.) de diamètre, et aussi long que vous voudrez, ouvert par les deux bouts. Prenez une feuille de papier fin; appliquez-la d'abord sur le bout du tube pour lui en faire prendre la forme avec la main : retirez-la; mouillez les bords du papier avec de l'eau; remettez-le sur le bout du tube et y appliquez les bords mouillés. Placez alors le bout sur le plancher, et remplissez le tube de sable. Soulevez le doucement, et vous pourrez le transporter sans que le sable s'échappe. Le papier adhère cependant bien légèrement.

3°. Il conviendrait de placer le vase de sable percé d'un orifice d'écoulement, sous la pompe pneumatique, et de faire l'expérience dans le vide, pour voir s'il en résulte quelque modification dans la vitesse d'écoulement du sable.

(*Biblioth. univ.*)

# Suite *du Mémoire sur l'acide indigotiqu quelques indigotates.*

Par M. Buff.

Dans mon premier Mémoire sur le même sujet ( *de Chim. et de Phys.*, t. xxxvii, p. 160), il m quelques incertitudes sur la composition de l'acid gotique. De nouvelles recherches me permetten donner des idées plus précises, et je vais les rappo

La préparation de cette substance ne présente a difficulté, et on ne peut manquer de l'obtenir damment si on se sert d'acide nitrique très-étendu mais la purification exige beaucoup de soin.

L'acide indigotique doit être séparé d'abord des mères, fortement pressé, puis séché au bain-r afin de le séparer autant que possible de l'acide ni dont la présence facilite la dissolution des matière neuses. Quand on traite alors ces matières par chaude, une grande partie reste insoluble, tand l'acide indigotique se dissout aisément.

La dissolution chaude et très-étendue est trait à peu par du carbonate de plomb récemment pr et délayé dans l'eau, en ayant soin de ne plus en a aussitôt que l'effervescence, d'abord très-vive, com à se ralentir, et que le liquide cesse d'être transp Sans cette précaution, il se déposerait avec les m étrangères beaucoup de sous-indigotate de plomb luble; car l'acide indigotique est tellement avide sursaturer de cette base, qu'il l'enlève facilem l'acide carbonique.

La liqueur étant versée dans un vase plat, tout ce qui reste d'impuretés se sépare en peu de temps, et on obtient une solution assez pure d'indigotate de plomb dont on peut retirer l'acide indigotique en le décomposant par un acide.

*Composition de l'acide indigotique.*

Cet acide renferme de l'azote et de l'hydrogène dans les mêmes proportions que l'indigo, c'est-à-dire, dans les proportions de 2 à 15; et des expériences antérieures me portent à croire qu'il ne contient pas d'hydrogène, opinion dont jamais cependant je ne pus déterminer directement la justesse, parce que, à cause de la volatilité de cet acide, il n'est pas possible de le bien sécher sans risquer d'en perdre une petite quantité; mais ayant remarqué que l'acide nitrique concentré le convertit entièrement en acide carbazotique dont la composition est parfaitement connue, je tâchai de profiter de cette circonstance pour dissiper les doutes qui me restaient sur les proportions de l'acide indigotique.

200 parties d'indigotate de potasse bien pur ont été traitées par de l'acide nitrique. Pendant la transformation en acide carbazotique il se dégage de l'acide carbonique et de l'acide nitreux, et en même temps il se forme un peu d'acide oxalique. Pour se débarrasser de ce dernier corps, il faut continuer à faire bouillir la liqueur, en renouvelant l'acide nitrique jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus de vapeurs rouges, et que la liqueur, d'abord rougeâtre, devienne jaune et conserve cette couleur.

Après s'être débarrassé de l'excès d'acide nitrique par

une évaporation ménagée, on dissout le résidu dans l'eau et on précipite la dissolution bouillante par du nitrate de protoxide de mercure. Il s'est formé 275 part. d'une poudre jaune et grenue, qui correspondent à 154,2 part. d'acide carbazotique, puisque 31,777 de cet acide se combinent avec 26,316 de protoxide de mercure.

200 part. d'indigotate de potasse qui renferment, comme on le verra bientôt, 171 part. d'acide indigotique, représentent par conséquent 154,2 d'acide carbazotique. Le nombre équivalent de l'acide indigotique, calculé d'après ces données, sera 35,24.

Si l'on compare ce résultat avec l'analyse quantitative de l'acide indigotique, on a pour la composition de cette substance les proportions suivantes :

| | | | Calcul. | Expér. |
|---|---|---|---|---|
| Azote... | 3 équiv. | = 2,655 ou pour cent | 7,62 | 7,55 |
| Carbone. | 22 ½ | = 17,198 | 49,34 | 48,21 |
| Oxigène. | 15 | = 15 | 43,04 | 44,24 |
| | | 34,853 | 100,00 | 100,00 |

Une nouvelle analyse avec l'oxide de cuivre, où j'avais négligé l'eau pour me mettre à l'abri de toute perte causée par la volatilité de la substance, m'a donné le résultat suivant :

| | | |
|---|---|---|
| Azote..... | 7,588 | 2,657 ; |
| Carbone... | 49,575 | 17,359 ; |
| Oxigène... | 42,837 | 15. |
| | 100,000 | 35,016. |

Considérant l'accord de ces expériences avec le calcul, ainsi que la très-petite quantité d'hydrogène que

toutes les analyses citées dans mon premier Mémoire m'ont donnée, il paraît évident que l'acide indigotique ne renferme point d'hydrogène, et rien n'est plus facile maintenant que d'expliquer la transformation de cet acide en acide carbazotique ; il ne faut pour cela que comparer les proportions des deux corps.

| | Acide indigotique. | carbazotique, | ou acide indig. | carbaz. |
|---|---|---|---|---|
| Azote... | 3 proport. | 6 | 2 | 4 |
| Carbone. | $22\frac{1}{2}$ | 15 | 15 | 10 |
| Oxigène. | 15 | 15 | 10 | 10 |

On voit aisément que le premier acide contient deux proportions d'azote de moins et cinq proportions de carbone de plus que le second. Donc l'acide indigotique, en présence de l'acide nitrique concentré, lui enlève deux proportions d'azote, tandis que l'oxigène correspondant, devenù libre, se combine à 5 proportions de carbone pour former de l'oxide de carbone ; et il n'est pas douteux qu'un corps comme ce dernier, qui a une affinité si énergique pour l'oxigène, ne puisse, à l'état naissant, décomposer l'acide nitrique, et donner naissance, d'une part, à de l'acide carbonique, et de l'autre, à de l'acide oxalique.

### *Des Indigotates.*

Ceux que j'ai examinés plus particulièrement sont les indigotates de baryte, de potasse, de protoxide de mercure et de plomb.

### *Indigotate de baryte.*

Ce sel, préparé en saturant l'acide indigotique par le carbonate de baryte, ne peut être obtenu neutre,

parce qu'en raison de l'affinité de l'acide indigotique po
un excès de base, il se forme toujours un peu de sou
indigotate.

Si l'on verse de l'ammoniaque caustique dans la di
solution de ce sel, il se précipite une poudre d'un be
jaune, peu soluble dans l'eau chaude et encore moi
dans l'eau froide. Chauffée sur la lampe à esprit-de-vi
cette poudre brûle avec une légère détonation, au
mente beaucoup de volume, et se convertit en carb
nate de baryte très-blanc.

224 parties de ce corps, après avoir été brûlées, o
laissé 116 parties de carbonate de baryte; et, dans u
autre expérience, on a obtenu avec 232 parties de
même substance, 123 parties de carbonate de baryt
Il en résulte qu'une proportion d'acide a été combinée
$2 \frac{1}{2}$ de base, ou que l'oxigène de la baryte est le $\frac{1}{6}$ c
l'oxigène de l'acide.

*Indigotate de potasse.*

Ce sel s'obtient très-facilement et très-pur en satura
l'acide indigotique par le carbonate de potasse, sécha
l'indigotate, le dissolvant dans l'alcool chaud et filtran
L'alcool chaud qui dissout très-aisément ce sel, n'e
prend que fort peu à la température ordinaire. Il e
très-soluble dans l'eau; la dissolution est d'un jaun
pâle, et devient rouge par un excès de base : les cri
taux d'indigotate de potasse sont anhydres. 152 parti
ont donné 35 de chlorure de potassium; d'où il su
que 100 d'acide indigotique saturent 17 de potasse. L
nombre proportionnel de l'acide indigotique, calcul
d'après ces données, est de 34,6.

*Indigotate de protoxide de mercure.*

Il se présente sous la forme d'une poudre insoluble et presque blanche ; il se prépare par double décomposition. 246 parties, traitées par le chlorure de potassium, ont laissé 118 parties de chlorure de mercure insoluble. Donc, 100 parties d'acide indigotique saturent 73,4 de protoxide de mercure.

*Indigotates de plomb.*

L'acide indigotique ne paraît pas former une combinaison neutre et stable avec l'oxide de plomb ; au moins je n'ai pu parvenir à l'obtenir, ni en saturant l'acide par le carbonate de plomb, ni par voie de double décomposition.

Si l'on ajoute du carbonate de plomb à la dissolution bouillante d'acide indigotique, tant qu'on voit une effervescence, il se précipite un sel insoluble avec grand excès de base, que je considère comme un mélange de plusieurs combinaisons, parce que l'analyse n'en offre pas un résultat qui s'accorde avec aucun rapport chimique. Mais en ayant la précaution d'ajouter le carbonate de plomb par très-petites portions et délayé dans l'eau, et s'arrêtant aussitôt qu'on voit se former quelques petits globules, il se dépose de la dissolution filtrée et refroidie des cristaux d'un jaune pâle, peu distincts.

J'en ai décomposé 261 parties par du carbonate d'ammoniaque, et du carbonate de plomb obtenu, j'ai retiré en calcinant 95 d'oxide de plomb ; donc ce sel renferme pour

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 100 acide indigotique avec | 43,04 oxigène | 10 | ou | 15 ; |
| 57,3 oxide de plomb | 4,111 | 1 | | $1\frac{1}{2}$. |

Si l'on dissout peu de carbonate de plomb dans beaucoup d'acide indigotique, et qu'on laisse refroidir, il se dépose, mêlées avec de l'acide libre, des aiguilles jaunes, demi-transparentes, dont on peut séparer l'acide adhérent, en lavant avec de l'alcool. Elles sont anhydres, se dissolvent facilement dans l'eau ; mais se décomposent en même temps, au moins en partie, et on obtient de l'acide libre et le sel précédent.

L'analyse de ces cristaux donne pour

| | | | |
|---|---|---|---|
| 100 acide indigotique avec | 43,04 oxigène | 12 | 15 ; |
| 52,4 oxide de plomb | 3,759 | 1 | $1\frac{1}{4}$. |

Voulant obtenir le sel neutre, je versai dans une dissolution bouillante d'indigotate de potasse un peu de nitrate de plomb parfaitement neutre. La liqueur resta d'abord transparente ; mais, au bout de quelques instans, je vis se déposer beaucoup d'aiguilles très-fines d'une couleur jaune foncée. Après le refroidissement, il se trouva, dans les eaux-mères, de l'acide indigotique libre.

Ce sel, une fois qu'il s'est formé, est complètement insoluble dans l'eau, et se trouve être une combinaison de

| | | | |
|---|---|---|---|
| 100 acide indigotique avec | 43,040 oxigène | 6 | 15, |
| 103,4 oxide de plomb | 7,489 | 1 | $2\frac{1}{2}$. |

On a un résultat bien différent en versant de l'indigotate de potasse dans une dissolution chaude de plomb ; aussitôt il se forme un précipité cristallin très-volumineux, d'un jaune pâle, qui augmente beaucoup par le

refroidissement ; il est très-soluble dans l'eau chaude, et se dissout aussi dans l'eau froide.

Décomposé par le carbonate d'ammoniaque, il donne pour

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 | acide indigotique avec | 43,04 | oxigène | 10 | 15 ; |
| 59,7 | oxide de plomb | 4,282 | | 1 | 1 ½. |

c'est donc la même combinaison que je viens de décrire plus haut.

Ce sel, chauffé avec de l'ammoniaque liquide, partage son acide avec cette base, et il se forme une poudre jaune foncée, très-fine et parfaitement insoluble dans l'eau. Cette combinaison renferme une plus grande quantité de base que toutes les précédentes, savoir, pour

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 100 | acide indigotique avec | 43,04 | 5 ou | 15 ; |
| 128 | oxide de plomb | 9,183 | 1 | 3. |

Outre les sels que j'ai décrits, l'acide indigotique paraît en pouvoir former d'autres avec toutes les bases ; cependant je n'ai préparé que les suivans.

L'indigotate d'ammoniaque cristallise en colonnes hexaèdres, très-longues et transparentes, d'une couleur jaune de vin ; il ne contient pas d'eau de cristallisation, et on peut le sublimer sans le décomposer.

Le per-indigotate de fer cristallise en aiguilles d'un rouge très-foncé ; il colore fortement l'eau, et peut servir, à cause de cette propriété, pour annoncer une très-petite quantité d'acide indigotique. L'acide hydrochlorique ne peut pas complètement le décomposer.

L'indigotate de cuivre se dissout dans l'eau chaude ; mais il est très-peu soluble à la température ordinaire :

mêmes. Le chlore est absorbé en très-grande quantité par ce sel ; la liqueur se colore en jaune, et en y versant de l'acide hydrochlorique ou un autre acide fort, le chlore en est chassé avec une vive effervescence.

Ce liquide possède la propriété décolorante du chlore au plus haut degré, et il a exactement la saveur du deutoxide hydrogène : il épaissit la salive ; mais il ne produit pas sur la peau la tache blanche qui caractérise particulièrement le deutoxide d'hydrogène, et en y mêlant de l'oxide d'argent, on n'obtient pas d'oxigène.

Lorsque l'on chauffe cette liqueur sous le mercure, il ne s'en dégage pas d'oxigène ; en la distillant, on obtient de l'acide acétique, très-peu de chlore, et point de gaz oxigène ; par la concentration, il s'en sépare du chlorure de potassium mêlé de chlorate de potasse. Exposée à l'air, cette liqueur dégage du chlore, et la propriété décolorante se perd entièrement au bout de quelques jours.

Pendant l'absorption du chlore par l'acétate de potasse, on n'observe aucun phénomène qui annonce la décomposition de l'acide acétique, surtout aucun dégagement d'acide carbonique.

Ce fait me paraît être convaincant pour l'admission d'un acide chloreux dans ces sels décolorans ; car ce ne peut être qu'un acide qui puisse tenir en équilibre l'affinité de l'acide acétique pour la potasse.

Il ne doit pas paraître étonnant qu'un acide aussi faible que l'acide chloreux puisse se trouver dans cette combinaison avec l'acide acétique libre, si on se rappelle que l'acétate neutre de plomb est de même décomposé en par-

tie par l'acide carbonique, de telle manière, qu'on en retire, après la distillation, de l'acide acétique.

Si l'on fait passer du chlore dans une dissolution de chlorate oxigéné de potasse, il est absorbé en beaucoup plus grande quantité qu'il ne le serait par un égal volume d'eau; les acides produisent dans ce liquide un dégagement de chlore avec effervescence; ce qui prouve qu'il est évidemment entré en combinaison avec ce sel; mais la quantité du chlorite formé est en proportion avec la quantité du chlorate oxigéné de potasse qui, comme on sait, est très-peu soluble dans l'eau.

La liqueur perd la propriété décolorante au bout de quelques heures, lorsqu'elle est exposée à l'air; par la chaleur, cette décomposition s'opère à l'instant et sans dégagement de gaz.

Après l'avoir fait chauffer, elle produit dans le nitrate d'argent un précipité abondant de chlorure d'argent : j'observe que le chlore employé dans cette expérience et dans toutes les autres, fut dépouillé d'acide hydrochlorique par le lavage avec de l'eau. J'ai essayé de combiner à la potasse l'oxide de chlore qu'on obtient du chlorate de potasse par l'acide sulfurique; mais la chaleur nécessaire pour faire passer ce gaz à travers une dissolution de carbonate de potasse, occasiona une vive détonation qui brisa la cornue : j'ai cependant pu remarquer que la liqueur alcaline décolorait le papier de tournesol, malgré le peu de gaz qu'elle avait pu absorber.

Une dissolution de chlorate de potasse, après qu'elle eut été saturée de chlore, se comportait comme une dissolution de chlore dans l'eau; les acides n'y occasionnent pas d'effervescence; à l'air, elle perd ce gaz

très-promptement, de même que par la chaleur, et le liquide ne trouble le nitrate d'argent que très-légèrement.

On peut à peine décider, par des expériences directes, quel est le dégré d'oxidation du chlore contenu dans ces sels, parce que leur facile décomposition y met de grands obstacles. La manière dont se comportent plusieurs substances oxidables avec les chlorites, pourrait peut-être répandre quelque lumière sur ce sujet.

En mettant du sulfure de plomb humide ou du sulfure de barium dissout dans une dissolution de chlorite de chaux, ces combinaisons sont transformées en sulfates instantanément; et, si le chlorite ne contient point de chlore libre, il n'y a ni dégagement de chlore, ni séparation de soufre, et il ne reste dans la liqueur ni baryte ni plomb.

Si l'acide chloreux contient trois atomes d'oxigène, il est clair que ces trois atomes d'oxigène, plus l'oxigène de la base, sont exactement suffisans pour transformer en sulfate un sulfure métallique. Si l'on introduit de l'iode dans une dissolution de chlorite de chaux, il se transforme en peu de temps en cristaux blancs plumeux d'iodate de chaux, et il se dégage continuellement du chlore. On observe le même dégagement dans la précipitation du protosulfate de manganèse neutre par le chlorite de chaux, pendant qu'il se forme du tritoxide. L'iodure de mercure ne produit pas, à la vérité, de dégagement de chlore dans le chlorite de chaux; mais, pendant sa décomposition, il se précipite de l'oxide de mercure, même lorsque la liqueur contient du chlore en excès.

Ces expériences n'établissent point avec certitude la quantité d'oxigène de l'acide chloreux, mais elles peuvent rendre plus vraisemblable l'admission de 3 atomes d'oxigène.

*Sulfo-cyanures métalliques et chlore.*

En faisant passer du chlore sur du sulfo-cyanure d'argent renfermé dans un large tube de verre, celui-ci se décompose avec dégagement de chaleur ; le chlore est absorbé en grande quantité, et la masse devient d'un rouge de cinabre ; en la chauffant, il en distille du chlorure de soufre, et il se sublime une substance jaune-rougeâtre ; la décomposition n'est cependant jamais complète, et la quantité du sublimé est petite : cette substance sublimée est insoluble dans l'eau et les acides, mais l'acide nitrique la décompose ; chauffée avec du potassium, elle s'y combine en produisant une petite explosion ; il se dégage un gaz inflammable, et il reste une masse saline très-fusible, très-soluble dans l'eau, et dont la dissolution colore en rouge foncé le perchlorure de fer. Le produit obtenu par distillation, pendant la formation du sublimé, était en grande partie du chlorure de soufre ; mais il contenait en même temps une combinaison de cyanogène, du soufre et du perchlorure de cyanogène. En chauffant ce produit avec de l'eau, on obtient une liqueur qui colore en rouge les sels de peroxide de fer, et qui donne en même temps, par l'évaporation, des cristaux d'acide cyanique de M. Sérullas. Le sublimé, que je supposais être le radical de l'acide sulfo-cyanique, n'était pas en suffisante quantité pour faire des recherches plus complètes ; et

j'ai cru pouvoir l'obtenir en plus grande quantité en me servant, au lieu du sulfo-cyanure d'argent, du sulfo-cyanure de plomb.

Le sulfo-cyanure de plomb, à ce qu'il me paraît, n'est pas encore connu; du moins les combinaisons que j'ai obtenues diffèrent essentiellement de celles qui sont décrites. Je ne doute pas que le sulfo-cyanure de plomb, examiné par MM. Brandes et Porret, n'ait été un sel acide. Lorsqu'on mêle une dissolution d'acétate de plomb neutre avec du sulfo-cyanure de potassium, il ne se fait point de précipité; mais, au bout de quelques minutes, et surtout en l'agitant fortement, il se forme dans la liqueur quantité de cristaux jaunâtres brillans, qui augmentent de volume continuellement.

Ces cristaux sont très-peu solubles dans l'eau froide, mais ils perdent leur éclat lorsqu'on les lave fortement; quand on les chauffe avec de l'eau, ce liquide rougit la teinture de tournesol, et le sel se change en une poudre jaune tout-à-fait insoluble.

J'avais d'abord considéré ces cristaux jaunes comme un sel à excès de base, et comme cette espèce de combinaison du cyanure de soufre n'est pas encore connue, je cherchai à vérifier ma conjecture.

Chauffé dans un tube de verre, ce sel se décompose en se boursoufflant fortement; il se dégage du cyanogène et du carbure de soufre; il se sublime du soufre et il reste du sulfure de plomb d'un parfait brillant métallique.

Chauffé légèrement avec de l'acide nitrique concentré, le sel se décompose tout-à-coup, et il se transforme en sulfate de plomb cristallin, sans qu'il se sépare

du soufre ; mais la liqueur qui surnage sur le sulfate de plomb produit des précipités abondans dans les sels de baryte et de plomb.

1,105 de ce sel jaune, décomposés par l'acide nitrique, ont donné 1,03 de sulfate de plomb. En calculant sa composition d'après cette analyse, l'on obtient sur 100 parties :

36,19 cyanure de soufre ;
63,81 plomb.

100,00.

D'après le calcul, le sulfo-cyanure de plomb serait composé de

35,87 cyanure de soufre ;
64,13 plomb.

100,00.

Il n'y a par conséquent aucun doute que ce ne soit du sulfo-cyanure de plomb.

Si l'on mêle une dissolution de sous-acétate de plomb avec du sulfo-cyanure de potassium, il se produit aussitôt un précipité abondant, blanc, caseux, qui par la dessication devient pulvérulent et jaunâtre.

On obtient le même corps lorsqu'on mêle les deux sels à l'état neutre, et que l'on y ajoute de l'ammoniaque liquide en excès.

Le précipité, chauffé dans un tube de verre, se décompose sans qu'il se sublime de soufre ; il se dégage en même temps des gaz qui produisent dans l'eau de chaux un précipité de carbonate de chaux ; preuve que cette combinaison contient de l'oxigène.

Ce sel est absolument insoluble dans l'eau ; mais il

est aussi promptement décomposé par l'acide nitrique que le précédent ; il se transforme de même en sulfate de plomb, mais la liqueur surnageante ne précipite pas les sels de baryte ou de plomb ; au contraire, il s'y forme un léger précipité par l'acide sulfurique.

1,21 de ce sel furent décomposés par l'acide nitrique, et après la décomposition on ajouta à la liqueur quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Le poids du sulfate de plomb était 1,326 ; par conséquent il contient, sur 100 parties, 74,988 de plomb.

En regardant ce composé comme une combinaison de sulfo-cyanure avec un atome d'oxide de plomb, il consiste, d'après l'analyse, en

59,639 sulfo-cyanure de plomb } 74,958 plomb.
40,361 oxide de plomb }

100,00.

D'après le calcul, il serait composé de

59,124 sulfo-cyanure de plomb ;
40,876 oxide de plomb.

100,00.

Les deux sulfo-cyanures de plomb, décomposés par le chlore sec, ne me donnèrent pas de meilleurs résultats que le sulfo-cyanure d'argent ; au contraire, je n'obtins pas une trace du sublimé rouge que je cherchais, mais seulement du chlorure de soufre et du perchlorure de cyanogène.

*Sulfo-cyanure de potassium et chlore.*

Lorsqu'on fait fondre du sulfo-cyanure de potassium dans un courant de chlore sec, ce sel se décompose

avec un boursoufflement considérable; il devient jaune opaque, et sa fluidité se perd à mesure que la décomposition s'avance, jusqu'à ce qu'enfin il devienne solide; il distille, comme dans les décompositions précédentes, du chlorure de soufre et du perchlorure de cyanogène; mais, dans un certain moment, il s'élève une épaisse vapeur rouge, qui se condense à la partie supérieure du vase, sous forme d'une masse rouge et jaune rougeâtre.

Cette substance se détache du verre en forme de lamelles qui ne montrent aucune trace de cristallisation; elle possède une forte odeur de perchlorure de cyanogène, qui se perd en l'échauffant à l'air, ou avec de l'eau; elle est insoluble dans l'eau et les acides, excepté dans l'acide nitrique qui la décompose, et dans l'acide sulfurique concentré qui la dissout sans altération.

La couleur différente des lamelles semblait indiquer que cette substance contient deux combinaisons différentes, ce qui confirme la manière dont elle se comporte avec la potasse caustique.

Réduite en poudre fine et mise en digestion avec une dissolution de potasse, elle se colore en rouge foncé; la potasse n'en dissout rien ou fort peu; en décantant la liqueur alcaline, en lavant le résidu avec de l'alcool, et en y versant après de l'eau, une grande partie se dissout; mais il reste des flocons jaunes insolubles, probablement un bi-sulfure.

Brûlée avec de l'oxide de cuivre, elle donne un mélange d'acide carbonique, d'acide sulfureux et d'azote; après avoir séparé l'acide sulfureux par le peroxide pur de plomb, la potasse en absorba deux tiers; dans deux autres expériences, j'ai obtenu sur 300 volumes du mé-

lange, 193 à 186 d'acide carbonique, mais il contenait du gaz nitreux; d'après cela, le rapport du carbone à l'azote dans cette substance est le même que dans le cyanogène.

Chauffée avec du potassium, cette substance se combine avec lui, en produisant une assez forte explosion; on obtient une masse très-fusible, qui devient rouge lorsqu'on chauffe davantage. Cette masse se dissout facilement dans l'eau, et la dissolution précipite les dissolutions de plomb en noir; la dissolution d'hydrochlorate de peroxide de fer est aussi précipitée en noir; mais, par l'addition de l'acide hydrochlorique, le précipité ne se redissout qu'en partie, et la liqueur prend une couleur rouge foncé; la partie non dissoute est d'un bleu clair, et se change en bleu de Prusse par l'exposition à l'air.

D'après ces expériences, la substance rouge serait une combinaison de soufre et de cyanogène qui contient plus de soufre que le radical de l'acide sulfo-cyanique.

Pour déterminer la quantité de soufre, 0,305 de cette substance furent mêlés avec dix fois leur poids de carbonate et de nitrate de potasse, et chauffés au rouge dans une capsule de platine. La masse saline fut neutralisée par l'acide nitrique, et l'acide sulfurique fut précipité par l'hydrochlorate de baryte.

Le sulfate de baryte qui avait été bouilli dans l'acide muriatique, pour le débarrasser des nitrates qui auraient pu être précipités, a pesé 1,501; d'après cela, cette substance contiendrait 67,9 p. c. de soufre.

Cette quantité de soufre est plus grande que celle con-

tenue dans le radical de l'acide sulfocyanique, et trop petite pour un deuto-sulfure.

J'exposai cette substance à l'action de la chaleur, et j'y fis passer un courant de chlore sec. Il se dégagea du chlorure de soufre, et la matière, de rouge qu'elle était, devint jaune-rougeâtre, et jaune-citron après avoir été pulvérisée. 0g,445, brûlés à la manière indiquée avec du nitre et du carbonate de potasse, fournirent 1,85 gr. de sulfate de baryte.

Suivant cette analyse, la matière doit contenir :

| | |
|---|---|
| 57,05 | soufre ; |
| 42,95 | de cyanogène. |
| 100,00. | |

Cette quantité de soufre est plus considérable que celle contenue dans l'acide hydrosulfocyanique ; mais la manière dont la substance se comporte avec la potasse prouve qu'elle n'est pas complètement pure ; en effet, quand on la traite par cet alcali, on obtient un composé qui n'est pas entièrement soluble dans l'eau, et qui y laisse un résidu de flocons jaunes.

Comme la substance précédente, elle se combine avec le potassium, en dégageant un gaz inflammable. Le résidu salin est un mélange de sulfocyanure, de sulfure et de cyanure de potassium.

Le gaz, qui était mis en liberté, ne pouvait être de l'hydrogène ou en contenir, d'après les circonstances dans lesquelles il était produit ; car immédiatement avant l'expérience on avait fondu le sulfocyanure de potassium, et le chlore, après avoir été lavé, avait été

desséché en traversant un tube de 2 pieds de longueur, rempli de chlorure de calcium.

Quand on soumet cette substance, ainsi que la précédente, à l'action de la chaleur, après l'avoir préalablement desséchée, il se sublime du soufre contre les parois de la cornue; il se dégage du cyanogène, et si l'on refroidit le col de la cornue, on peut obtenir du sulfure de carbone; le résidu ne se réduit pas en charbon; sa couleur devient plus claire, et, en continuant de le porter au rouge, il paraît se sublimer sans changer de nature; c'est exactement le même genre de décomposition qui s'opère quand on fond ce corps avec le potassium. Ce métal reste long-temps liquide avant de l'attaquer, et la combinaison se fait au moment où l'on voit des vapeurs de soufre. Le nouveau produit ne peut donc pas être une véritable combinaison, mais bien un mélange.

Je crois pouvoir conclure, de ce que je viens de dire sur la nature de ce corps, que, s'il n'est pas le radical de l'acide hydrosulfocyanique, au moins il en approche beaucoup.

La manière dont il se comporte avec le potassium et la potasse ne pouvait manquer d'attirer mon attention sur la substance jaune qui se dépose de l'acide hydrosulfocyanique, quand il se décompose à l'air, et que, selon M. Woehler, on peut obtenir en plus grande quantité en faisant bouillir une dissolution d'hydrosulfocyanate de potasse avec de l'acide nitrique étendu.

M. Woehler s'est occupé de recherches sur cette substance jaune, et il l'a considérée comme une combinaison de soufre et d'acide hydrosulfocyanique. Son

opinion paraît être justifiée par les propriétés de ce corps. D'après ces considérations, on lui a donné le nom d'*acide hydrosulfocyanique sulfuré*.

Si l'on mêle une dissolution concentrée de sulfocyanure de potassium avec de l'acide nitrique concentré (1,43), il se forme en peu de temps beaucoup de nitrate de potasse; si on décante la liqueur surnageant sur ce sel et si on la chauffe doucement, elle entre subitement en ébullition; il se produit une vive effervescence, et il se dégage du gaz nitreux, de l'acide carbonique, du cyanogène et de l'acide hydrocyanique, et l'on voit se précipiter un corps jaune pulvérulent et floconneux.

Quand on emploie plus de trois parties d'acide nitrique pour une de sulfocyanure de potassium, la décomposition se fait sans qu'il se forme la moindre quantité de ce corps jaune. Les meilleures proportions à employer sont 1 de sulfocyanure de potassium, 3 d'eau et 2 à 2 ½ d'acide nitrique.

Le chlore, que l'on fait passer dans une solution concentrée du même sel, est absorbé facilement et en grande quantité; la liqueur s'échauffe, et il se dépose en peu de temps beaucoup du même corps jaune; de sorte que le liquide finit par devenir épais comme de la bouillie. Si le sulfocyanure de potassium est parfaitement neutre et que le chlore ne contienne pas d'acide hydrochlorique, on ne remarque point d'effervescence; mais on sent une odeur vive de cyanogène.

On fera bien, en préparant ce corps jaune par le chlore, d'échauffer d'abord la dissolution du sulfocyanure de potassium, afin que le chlorure de potassium reste dissout dans la liqueur chaude. Sans cette pré-

caution, en se précipitant, il boucherait le tube de verre.

Le liquide séparé du corps jaune produit par le chlore où l'acide nitrique, précipite fortement les sels de baryte. Qu'on prenne l'acide nitrique ou la dissolution du sulfocyanure de potassium aussi dilué qu'on voudra, toujours le liquide renfermera de l'acide sulfurique, pourvu que le corps jaune se soit formé. Si l'on fait passer du chlore dans une dissolution étendue du sulfocyanure de potassium, le soufre de l'acide hydrosulfocyanique ou du sulfure de cyanogène est converti entièrement en acide sulfurique, et le corps jaune ne prend pas naissance.

Si ce corps a été préparé par le chlore, la liqueur développe constamment du cyanogène; elle renferme de l'ammoniaque, si l'on s'est servi d'acide nitrique.

Par la dessiccation, le précipité jaune diminue énormément de volume; il paraît doux au toucher, et il colore la peau avec beaucoup d'intensité; il retient fortement l'eau, et pour le dessécher complètement, il a besoin d'être chauffé cinq à six heures sur de l'eau bouillante. Il présente dans ses propriétés tant d'analogie avec les sulfures de cyanogène que j'ai décrits, que cela pourrait suffire pour les considérer comme des corps identiques. J'ai fait la plupart des expériences avec le corps jaune préparé au moyen de l'acide nitrique. En le chauffant à l'état parfaitement sec dans un tube de verre, il se sublime d'abord du soufre; la substance prend une teinte plus claire; il se développe du cyanogène et du sulfure de carbone, et le résidu d'un jaune clair paraît, par la calcination, se sublimer sans changer de nature; mais, s'il est humide, on obtient en même

temps du carbonate d'ammoniaque; alors le résidu est noir et fuse à l'air, exactement comme M. Woehler l'a indiqué.

Fondu avec du potassium, on observe précisément les mêmes phénomènes que j'ai décrits pour les sulfures de cyanogène. Une partie est décomposée avant que le potassium, fondu depuis long-temps, commence à l'attaquer. Au moment de la combinaison, il se développe un gaz inflammable; la combinaison, d'abord jaunâtre, devient rouge si l'on continue à chauffer; dissoute dans l'eau, elle précipite en noir les sels de deutoxide de fer; et, en ajoutant de l'acide hydrochlorique, ce précipité ne disparaît qu'en partie; tandis que la liqueur se colore en rouge foncé et qu'il reste des flocons bleuâtres qui, à l'air libre, deviennent d'un bleu foncé. Une fois même, par la fusion avec du potassium, et en évitant de continuer à chauffer, j'obtins un sel qui colora en rouge de sang les sels de peroxide de fer, et qui ne noircit pas les sels de plomb et d'argent.

M. Woehler a trouvé que cette substance, traitée par la potasse, devient rouge foncé, et que la combinaison qui se forme, et qui est insoluble dans l'alcali, après que celui-ci a été enlevé par des lavages avec de l'alcool, est neutre et se dissout dans l'eau. Quelquefois, surtout en me servant du corps jaune préparé avec du chlore par voie humide, j'ai obtenu un résidu de flocons jaunes.

M. Woehler a prouvé, en outre, que cette substance renferme de l'azote et du carbone dans la même proportion que le cyanogène.

Quand on la chauffe doucement dans du chlore sec,

elle change peu de nature; mais, par la calcination, elle est convertie en sulfure de chlore et en chlorure de cyanogène solide.

L'identité de ce corps jaune avec celui retiré du sulfocyanure de potassium, à l'aide du chlore sec, est constatée évidemment par l'analyse.

Le corps jaune fut brûlé avec du nitre et du carbonate de potasse; on neutralisa le résidu par l'acide nitrique, et on précipita l'acide sulfurique par le chlorure de barium.

| | | | |
|---|---|---|---|
| I. | 0,143 ont donné | 0,585 | sulfate de baryte, correspondant, pour 100 parties, à..... 56,15 de soufre. |
| II. | 0,111........ | 0,452 | ..... 55,858 |
| III. | 0,452........ | 1,985 | ..... 55,842 |

Le radical de l'acide hydrosulfocyanique serait composé, d'après le calcul, de :

55,09 soufre;
44,91 cyanogène.
100,00.

Donc les analyses précédentes démontrent que ce corps jaune a la même composition que le radical de l'acide hydrosulfocyanique.

Toutes les expériences faites jusqu'à présent, ayant eu pour but de préparer le radical de l'acide hydrosulfocyanique, font voir que c'est un corps très-volatil qui se décompose à une certaine température; car autrement il n'aurait pu échapper à M. Berzelius et à Davy dans la suite de leurs recherches sur les sulfocyanures.

L'action que la potasse exerce sur le corps jaune ne paraît pas favoriser l'opinion qu'il est le radical de l'acide hydrosulfocyanique, comme pourtant l'indique sa composition. Mais il est facile de voir que, par le contact avec la potasse, il ne se forme pas une simple combinaison, mais qu'en effet le corps jaune est décomposé; car, si l'on mêle avec une solution d'oxide de fer l'esprit-de-vin qui a servi à enlever la potasse, celui-ci se colore en rouge foncé.

Cependant, si l'on chauffe du sulfure de cyanogène avec le sulfure de potassium qui résulte de la précipitation du sulfure de barium par du carbonate de potasse, il s'y dissout complètement. L'acide muriatique en précipite du soufre; en filtrant, on a une liqueur claire et incolore qui rougit les sels d'oxide de fer; ce qui prouve qu'elle renferme du sulfocyanure de potassium. En chauffant le sulfure de potassium avec un excès de sulfure de cyanogène, il est décomposé si complètement que la liqueur ne noircit plus les sels de plomb: toutefois elle colore en rouge foncé les sels de peroxide de fer. Il se dégage de l'hydrogène sulfuré pendant cette décomposition; ce qui n'est pas surprenant, puisque, si l'on fait bouillir avec de l'eau pure le corps jaune ou le sulfure de cyanogène, il se décompose et produit de l'acide hydrosulfocyanique.

Le sulfure de barium se comporte avec le sulfure de cyanogène exactement comme le sulfure de potassium.

On ne peut guère admettre que l'hydrogène puisse entrer dans la composition de ce sulfure de cyanogène, si l'on considère la manière dont le chlore agit sur lui, ainsi que son analogie parfaite avec le corps séparé du

sulfocyanure de potassium par la voie sèche et à l'aide du chlore, corps qui ne peut renfermer de l'hydrogène. Cependant, quoique séché à l'aide de la machine pneumatique et traité avec tous les soins possibles, je remarquai toujours, en le brûlant avec l'oxide de cuivre, quelques traces d'eau, dont toutefois la quantité était insuffisante pour rendre vraisemblable la présence de l'hydrogène dans ce corps. Pour 0,3 gram. de matière, j'ai obtenu en eau, dans quatre expériences différentes :

0,011 ;
0,017 ;
0,009 ;
0,016.

Mais, pour pouvoir le considérer comme de l'acide hydrosulfocyanique renfermant une demi-proportion d'hydrogène, la quantité d'eau aurait dû s'élever à 0,024 parties. Ayant égard à l'opiniâtreté avec laquelle cette substance retient l'eau, et considérant qu'il est presque impossible d'avoir de l'oxide de cuivre absolument sec, je conclus des expériences précédentes que la présence de l'hydrogène dans ce composé est invraisemblable.

Dans tous les cas, d'après la composition indiquée, on n'y peut supposer une combinaison de soufre avec le cyanogène, renfermant plus de soufre que le radical de l'acide hydrosulfocyanique. C'est pour cela qu'à l'avenir je désignerai toujours ce corps comme du sulfure de cyanogène, ou comme le radical de l'acide hydrosulfocyanique. Cet acide se comporte donc comme les acides hydriodique et hydrosulfurique, qui, comme lui,

sont décomposés par le chlore et l'acide nitrique, ainsi que par l'air, tandis que le radical s'en sépare (1).

Quand on décompose le sulfocyanure de potassium par la voie sèche, au moyen du chlore, on obtient du chlorure de potassium mêlé avec une substance jaune-claire, qu'on a parfaitement pure, en la faisant bouillir à plusieurs reprises avec de l'acide hydrochlorique et avec de l'eau. Cette substance jaune provient sans doute de la décomposition du sulfure de cyanogène, et elle est identique avec celle qui reste, si l'on chauffe ce dernier jusqu'à ce qu'il ne se sublime plus de soufre. Elle est insoluble dans l'eau; mais elle paraît diminuer par une ébullition continuée.

Fondue avec du potassium, il y a production de chaleur et de lumière; on obtient un sel fusible, qui, à une chaleur rouge, donne plusieurs espèces de gaz : dissous dans l'eau, il précipite avec une couleur brunâtre les

(1) M. Lassaigne a décrit, il y a peu de temps, une combinaison particulière du soufre avec le cyanogène, dont la nature présente beaucoup de singularités. J'ai essayé de me procurer cette combinaison, en faisant digérer pendant quelques mois, avec du cyanure de mercure, du chlorure de soufre qui avait été rectifié sur du chlorure de calcium; mais je n'ai pu obtenir la moindre trace de ce corps, que cependant j'ai eu occasion de voir dans les mains de M. Lassaigne lui-même. En humectant avec un peu d'eau le cyanure de mercure, il se produit un léger échauffement, une vive effervescence, et il se développe du cyanogène pur : si l'on prend plus d'eau, il se dégage, en même temps que le cyanogène, beaucoup d'acide sulfureux; mais on ne remarque pas ces cristaux particuliers.

solutions d'oxide de fer ; mais le précipité disparaît complètement par les acides pendant que le liquide devient vert, ou quelquefois aussi rouge. Dans les deux cas, il s'y forme en peu de temps un dépôt de bleu de Prusse.

On ne remarque pas de soufre en calcinant la substance jaune, à l'état sec, dans un tube de verre ; mais il se dégage du cyanogène, et, en continuant à la faire rougir, elle paraît se volatiliser sans changer de couleur.

Brûlée avec l'oxide de cuivre, elle donne un mélange gazeux qui contient 3 d'azote pour 4 d'acide carbonique ; mais, malgré tous les soins possibles, je ne suis jamais parvenu à éviter la formation d'un peu d'acide nitreux ; c'est à cause de cela que je ne puis regarder ce résultat comme parfaitement juste.

Bouillie avec de l'acide nitrique, elle ne se décompose que difficilement. En évaporant l'acide presque jusqu'à siccité et ajoutant alors un peu d'eau, on a un résidu blanc qui devient pulvérulent quand on le sèche. Il est soluble dans l'eau bouillante, et s'y dépose en flocons après le refroidissement. La manière dont ce résidu se comporte avec le potassium paraît prouver qu'il renferme de l'azote, du carbone et de l'oxigène. Il se dissout aisément dans la potasse. En ajoutant de l'acide acétique à cette combinaison, elle devient opaline et, au bout de quelque temps, épaisse et visqueuse comme de la gomme en dissolution concentrée. L'ammoniaque la précipite de sa dissolution aqueuse sous la forme de flocons visqueux.

*Ether sulfocyanique.*

A la suite de ces recherches sur le sulfure de cyanogène, je découvris une nouvelle espèce d'éther, qui se

distinguait des autres connues depuis long-temps, en ce qu'elle renferme du soufre et de l'azote, mais vraisemblablement point d'oxigène.

On obtient cet éther en distillant ensemble une partie de sulfocyanure de potassium, deux d'acide sulfurique, et trois d'alcool à 80 pour cent. En mêlant le produit distillé avec de l'eau, il s'en sépare un corps oléagineux, dont le poids est à peu près les trois quarts de celui du sulfocyanure de potassium. D'abord il se rassemble à la surface de l'eau, mais en lui enlevant, par des lavages multipliés, l'alcool et l'éther qui adhèrent à sa surface, il coule au fond de ce liquide sous la forme d'une huile incolore ou légèrement jaunâtre.

Cet éther jouit de l'odeur très-forte de l'assa-fœtida ou du cochléaria offic., odeur qui adhère très-opiniâtrément à tout ce que cet éther touche. Il est insoluble dans l'eau, mais il lui communique son odeur au plus haut degré; la saveur n'en est pas âcre, mais, en quelque sorte, sucrée et avec un arrière-goût de menthe poivrée; il se dissout aisément dans l'esprit-de-vin et dans l'éther sulfurique; il s'enflamme facilement, et en brûlant il produit de l'acide sulfureux : à une température de 66-72° cent., il commence à bouillir; sa dissolution alcoolique n'agit pas comme acide; il n'est décomposé ni par une solution de potasse concentrée, ni par de l'ammoniaque. Je n'ai pu y démontrer la présence de l'acide hydrosulfocyanique.

Le potassium, mis en contact avec ce corps rectifié préalablement sur du chlorure de calcium, y conserve son éclat, au moins pour quelque temps; mais, si l'on chauffe, il se couvre d'une croûte jaune, facilement

soluble dans l'eau. Cette dissolution colore en rouge foncé le chlorure de fer, preuve qu'il s'y est formé du sulfocyanure de potassium. L'acide nitrique fumant décompose vivement cet éther, en produisant une chaleur qui va jusqu'à l'incandescence ; en le traitant par l'acide étendu, il se dégage beaucoup d'acide nitreux, et le liquide qui reste précipite alors les sels de baryte. Mêlé avec de l'acide sulfurique concentré, il se trouble et perd sa transparence ; quand on les chauffe ensemble, de l'acide sulfureux se développe, et la liqueur devient noire.

L'éther sulfocyanique absorbe du chlore en grande quantité et sans changer de forme. Cependant il se dégage de l'acide hydrosulfurique gazeux, et on remarque l'odeur du chlorure de soufre. Si l'on ajoute un peu d'eau, et si l'on continue de faire passer du chlore, une nouvelle quantité est absorbée ; l'odeur du chlorure de soufre disparaît, et on remarque l'odeur forte et pénétrante du chlorure de cyanogène : alors la liqueur offre une saveur très-acide, qui finit par être brûlante ; elle précipite les sels de baryte. La liqueur huileuse qui reste lors de la décomposition se trouve être du chlorure de carbone qui retient du chlorure de cyanogène en dissolution.

L'iode se dissout sans peine dans cet éther, en lui donnant une couleur foncée rouge brunâtre ; mais il ne le décompose pas : car l'eau agitée avec la dissolution n'acquiert pas la faculté de rougir le papier de tournesol, et la potasse caustique enlève aussitôt l'iode, tandis que l'éther se sépare avec une couleur blanche et avec son odeur particulière.

Le soufre y est également soluble et même en toute proportion, si on élève la température ; à peine la solution a-t-elle commencé à se refroidir qu'une partie du soufre s'en sépare sous la forme d'une huile jaune. Etant refroidie entièrement, elle se prend en une masse rayonnée, qui, au bout de quelques jours, se convertit en de grands cristaux qui ne sont autre chose que du soufre.

Le phosphore peut s'y dissoudre en quantité considérable à l'aide de la chaleur ; il s'en dépose en cristaux après le refroidissement.

D'après les propriétés que je viens de décrire, cet éther est une combinaison de sulfure de cyanogène avec du carbure d'hydrogène ; et ce qui appuie cette opinion, c'est qu'en le préparant il se forme constamment de l'acide sulfureux. Ce n'est donc pas aux dépens de l'eau de l'alcool que le potassium du sulfo-cyanure de potassium s'oxide, mais bien aux dépens de l'acide sulfurique.

(*La fin au Cahier prochain.*)

---

## Couleurs *que diverses substances communiquent à la flamme du chalumeau.*

Par M. Buzengeiger.

Je me sers d'une lampe faite exactement sur le modèle indiqué par M. Berzelius, dans son Traité du chalumeau. Il est très-important que l'on puisse voir d'une manière distincte la flamme bleue conique et la vapeur

bleue transparente qui l'enveloppe et la termine ; je produis cette circonstance en coupant obliquement la mèche, la partie la plus élevée étant à droite, et en ouvrant longitudinalement la mèche pour introduire la pointe du chalumeau. Je me sers d'huile ordinaire à quinquet : on doit rejeter, pour les expériences au chalumeau, celle qui a été purifiée par l'acide sulfurique, vu qu'elle en retient toujours un peu, et qu'alors elle détériore la mèche et change la couleur de la vapeur extérieure. On reconnaît bientôt cette huile, parce que l'on est obligé de recouper souvent la mèche, qui se transforme en peu de temps en une matière boueuse, présentant la réaction du soufre. La mèche doit être faite avec du fil de coton écru, parce que le blanchiment se fait souvent avec du chlorure de chaux, qui communique à la vapeur extérieure une teinte jaune-rougeâtre ; ce que l'on doit éviter, puisque la couleur bleue est nécessaire pour le succès des expériences.

Quant à la manière de souffler, on doit acquérir assez d'habileté pour pouvoir maintenir la flamme bleue conique, bien prononcée et de longueur constante, surtout sans que la flamme jaune vienne s'y mêler. On aperçoit alors la vapeur bleue extérieure, à moins que le jour ne soit trop fort : on doit donc faire ces expériences le soir dans une chambre obscure.

Pour faire les expériences, on saisit la pièce d'essai avec la pince de platine ; et, lorsque la flamme est dans un état convenable, on l'introduit de bas en haut dedans la vapeur extérieure, devant la pointe bleue. La forme de la pièce d'essai dépend de circonstances particulières ; elle peut être en morceaux plus ou moins

gros, en forme de coin, en aiguilles ou en petites feuilles.

Souvent il est nécessaire de la pulvériser : alors on la met en pâte dans le creux de la main; on l'étend sur un charbon; on lui donne la forme convenable, et enfin on la chauffe jusqu'à ce qu'elle ait pris assez de consistance pour pouvoir être tenue avec la pince de platine.

Voici maintenant le phénomène qui se produit ordinairement. Quand on plonge la pièce d'essai devant le cône bleu dans la vapeur bleue, celle-ci est aussitôt remplacée par une atmosphère jaune-rougeâtre, dont l'étendue et l'intensité dépendent de la nature du corps soumis à l'essai. Peu à peu cette atmosphère diminue et disparaît; alors un autre phénomène se produit; la vapeur bleue baigne l'épreuve sans être altérée et sans être à peine visible, ou bien elle prend une couleur qui varie avec la nature du corps qui se volatilise à cette époque de l'expérience.

On ne connaît jusqu'ici que trois substances qui présentent la couleur rouge; ce sont la strontiane, la chaux et la lithine. La nuance est celle du carmin foncé.

Le carbonate et le sulfate de strontiane offrent au premier instant une atmosphère faible, et bientôt elle est remplacée par une belle couleur rouge qui est permanente. Le mélange de la baryte fait disparaître la réaction de la strontiane.

Le spath d'Islande et l'aragonite donnent une couleur un peu moins intense que celle produite par la strontiane, aussitôt que l'acide carbonique est chassé. Les calcaires impurs et les dolomies ne colorent pas la flamme en rouge, ou ne la colorent que très-faible-

ment. Le spath fluor donne une couleur rouge intens le sulfate de chaux n'en produit qu'une faible; le pho phate et le borate de chaux ne la font pas naître.

Quand on introduit à peine dans le dard bleu u morceau de forme aciculaire d'une substance q renferme de la lithine, bientôt après la fusion par un trait rouge pourpre d'une grande intensité; mais couleur disparaît promptement, et elle ne se mont de nouveau que si on introduit dans la flamme une pa tie de la pièce d'essai qui n'a pas encore été chauffé Le pétalite d'Uto, qui contient beaucoup de lithine, colore cependant que très-faiblement la flamme en roug

La flamme extérieure du chalumeau est colorée e bleu clair par l'arsenic, en bleu un peu plus foncé p l'antimoine, et en beau bleu-de-ciel par le plomb; av la galène antimoniale, le bleu est d'abord clair et d vient ensuite bleu-de-ciel.

Jusqu'ici, je ne connais que trois substances qui do nent à la flamme une couleur verte; ce sont l'aci borique, la baryte et l'oxide de cuivre.

L'acide borique naturel ou artificiel donne un be vert; le borate de chaux, la datholithe et la botriolitl donnent une couleur verte moins distincte; le bor produit une forte atmosphère rougeâtre, et ne mont la couleur verte que si on l'arrose préalablement av de l'acide sulfurique.

J'ai essayé, pour reconnaître la présence de l'aci borique, d'employer le flux indiqué par M. Turner composé de fluate de chaux et de bi-sulfate de potass mais ces tentatives ne m'ont pas réussi, probableme par défaut d'habitude. Quoi qu'il en soit, tous les min

raux que M. Turner a vu colorer la flamme en vert en les mêlant avec son flux, m'ont donné la même réaction en les introduisant avec quelque précaution dans la flamme bleue, sans les mélanger avec aucun réactif.

Tous les minéraux qui contiennent de la baryte colorent la flamme en vert-clair tirant sur le blanc; la réaction est très-prononcée; la couleur ne se montre que quand la matière commence à fondre; mais elle devient de plus en plus belle et dure long-temps.

La plupart des minéraux qui contiennent du cuivre, même en très-petite quantité, donnent à la pointe du dard bleu une belle couleur verte. Les minéraux de plomb qui contiennent un peu de cuivre, produisent une flamme d'un beau bleu, dont l'extrémité est verte.

(*Annales des Mines*, t. v, p. 36.)

---

## Analyse *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 20 *avril* 1829.

M. Liouville adresse un nouveau Mémoire sur la théorie physique des phénomènes électro-dynamiques.

M. Robert écrit de Marseille, à l'occasion d'une lettre du Dr Berlan communiquée à l'Académie, qu'il ne s'est jamais attribué la découverte qu'on réclame, et qu'il savait très-bien qu'on avait dit avant lui que des personnes vaccinées ont quelquefois été sujettes à la petite-vérole.

M. Wauner, D.-M., dépose un paquet cacheté.

M. Cagniart La Tour fait connaître les moyens dont il s'est servi pour faire cristalliser la silice. Ce Mémoire sera l'objet d'un rapport.

M. Robiquet présente un Mémoire intitulé : *Essai analytique des lichens de l'orseille.*

L'Académie, en exécution de son règlement, procède à un scrutin de ballottage entre MM. Becquerel et Pouillet. Le nombre des votans était de 57; M. Becquerel obtient 29 suffrages, et M. Pouillet 28.

M. Cordier rend compte de l'examen qu'il a fait, de concert avec M. Beudan, de pierres fines présentées par M. Le Gigand. Il résulte de cet examen que les pierres en question sont des topazes blanches, et non pas des diamans.

M. Desfontaines, au nom d'une commission, rend un compte favorable du travail présenté par M. Cambessède sur la famille des sapindacées.

M. Poisson lit un Mémoire sur les résultats moyens des observations.

M. Magendie, au nom d'une commission, fait un rapport sur un Mémoire de M. Leroy d'Etioles relatif à l'asphyxie.

M. Leroy a constaté que de l'air atmosphérique poussé fortement dans la trachée-artère de certains animaux, tels que lapins, chèvres, moutons, renards, etc., détermine une mort soudaine. D'autres animaux, les chiens, par exemple, chez lesquels le tissu pulmonaire est moins délicat, résistent à cette opération; mais ils en sont plus ou moins incommodés. Des chèvres, des moutons sont morts sous les yeux des commissaires après une insufflation d'air dans leurs poumons, déterminée sans machine

et à l'aide de la seule bouche de l'expérimentateur. Il paraît que le plus souvent l'air insufflé déchire le tissu délicat du poumon à la partie supérieure. L'insufflation étant recommandée comme un moyen efficace de rappeler les noyés à la vie, il importait extrêmement de savoir si les poumons de l'homme doivent être rangés dans la catégorie de ceux de mouton, de chèvre, etc., ou s'ils sont doués d'une résistance égale à celle des poumons du chien : on conçoit que, dans le premier cas, l'insufflation opérée sans ménagement chez les asphyxiés pourrait devenir un agent mortel. Sur cette question, les expériences directes manquent; mais des essais faits sur le cadavre montrent que le poumon de l'homme est susceptible de se rompre par l'insufflation; celui des enfans très-jeunes, au contraire, résiste sous l'action d'une insufflation très-vive.

*Séance du lundi 27 avril.*

*Pièces manuscrites présentées : Trattato sul ochio umano*, par le Dr Revelli; Ordonnance du Roi qui confirme la nomination de M. Olbers comme associé; Réclamation de M. Le Gigand contre le rapport de M. Cordier; Lettre de M. Julia Fontenelle contenant deux faits dont il semble résulter, conformément aux expériences citées dans l'analyse de la séance du 20, que le poumon des enfans résiste mieux à l'insufflation que celui des adultes; une Lettre de M. Domet-Demont sur les pierres lithographiques du Jura.

La commission, chargée de décerner le prix de mathématiques, annonce que la pièce n° 1, sur les perturba-

tions des comètes, doit être couronnée. Cette pièce est de M. de Pontécoulant, officier d'état-major.

M. Fréd. Cuvier rend un compte verbal de l'Atlas du règne animal de M. Guérin.

M. Arago communique des observations magnétiques faites à Kasan par M. Kuppfer, et dont il résulte que l'aiguille aimantée horizontale y a été dérangée par les aurores boréales les mêmes jours qu'à Paris.

Il lit ensuite une lettre qu'il a reçue de M. de Bréauté, sur un tremblement de terre ressenti aux environs de Dieppe, dans la nuit du 1er au 2 avril dernier.

Le même membre, enfin, au nom d'une commission, fait le rapport suivant sur le voyage de la Chevrette.

La séance a été terminée par la lecture du Mémoire de M. Vauquelin sur les carottes, que nous avons déjà publié, et par la lecture d'une addition de M. Cauchy à son Mémoire sur la dilatation et la condensation linéaires des corps solides.

---

*Supplément à l'analyse de la séance du 27 avril.*

RAPPORT *fait à l'Académie des Sciences par une commission composée de MM. de Rossel, Mathieu et Arago (Rapporteur), sur les travaux relatifs aux sciences mathématiques qui ont été exécutés pendant le voyage de la Chevrette.*

SON Excellence le Ministre de la Marine écrivit à l'Académie en date du 30 janvier dernier, pour l'inviter à vouloir bien faire examiner les travaux de divers genres exécutés à bord de la corvette du Roi la Che-

vrette pendant la campagne que ce bâtiment venait de terminer sous le commandement de M. Fabré, lieutenant de vaisseau. La commission, que vous aviez chargée de vous rendre compte des collections d'histoire naturelle, a déjà exprimé la vive satisfaction qu'elle avait éprouvée en voyant tout ce dont la science serait redevable au zèle infatigable de M. Reynaud, chirurgien en chef du bâtiment, et aux secours que les officiers s'étaient empressés de lui offrir. Nous aurons donc à vous parler seulement des recherches qui ont eu pour objet le perfectionnement de la géographie, de la science du magnétisme terrestre et de la météorologie. Ces travaux, au reste, nous fourniront une nouvelle occasion de faire ressortir le dévouement et l'habileté dont les jeunes officiers de notre marine ont donné de si brillantes preuves depuis quelques années.

La Chevrette partit de Toulon le 29 mai 1827, et relâcha pour la première fois à Saint-Denis de l'île de Bourbon, après 90 jours de traversée. De Saint-Denis, elle fit voile pour Pondichéry; elle visita ensuite Madras, Calcutta, Rangoun, au Pégu; le 17 janvier 1828, elle était déjà de retour à Pondichéry. Le 22 du même mois, la Chevrette se dirigea sur Ceylan, où elle aborda le 29 janvier, après avoir touché, dans sa route, à Karical. Les travaux dont elle était chargée la retinrent à Trinquemalay 18 jours, et au mouillage de Kaïts jusqu'au 16 mars. Ensuite elle retourna à Pondichéry, et y séjourna depuis le 19 mars jusqu'au 1er avril. Le 2, la corvette mit sous voiles pour l'île de Java; elle y visita successivement Anier et Batavia. Le 2 juillet, elle se retrouvait pour la quatrième fois à Pondichéry. Après

un mois de séjour dans cette rade, la Chevrette partit pour la France. Dans sa traversée, elle ne toucha qu'à False-Bay; enfin elle jeta l'ancre au Hâvre le 11 décembre dernier, après 368 jours de mer et 194 jours de rade.

Pendant cette longue navigation, M. Fabré a fixé chronométriquement la position d'une des îles du Cap-Vert; il s'est assuré que les îles Saint-Georges, Roquepiz et les Sept-Frères n'existent pas dans la place que le Neptune oriental de Daprés leur assigne; il a reconnu la partie nord d'un passage situé dans l'archipel des Maldives, et que les bâtimens allant d'Europe à la côte de Coromandel pourront suivre désormais avec avantage et sécurité; il a fait lever par M. de Blosseville le cours de l'Irrawaddy, depuis Rangoun jusqu'à Danoubiou; il a confié à M. Jeanneret la reconnaissance du bras de la même rivière compris entre Rangoun et la mer, et à M. Paquet celle de la branche qui remonte jusqu'à Pégu, ancienne capitale du royaume. Dans la partie nord de Ceylan, M. de Blosseville a fait, d'après les ordres de son commandant, la reconnaissance de la côte, depuis le cap Palmas jusqu'au fort *Hum-en-hiel*, et le plan détaillé du mouillage de Kaïtz et de ses environs. En allant à Batavia, le même officier a observé un assez grand nombre de points pour avoir à apporter des rectifications importantes, soit aux cartes du détroit de la Sonde, soit à celles de la partie nord de Java. La rade de Batavia a été aussi le théâtre de son zèle infatigable.

La Chevrette était munie d'une collection complète d'instrumens magnétiques propres à faire des observations à terre. Ces instrumens furent éprouvés à Paris,

avant le départ ; on les a essayés aussi depuis le retour. Durant le voyage ils ont été mis en expérience dans tous les points de relâche ; ainsi l'expédition nous aura procuré des mesures de la déclinaison, de l'inclinaison et de l'intensité magnétique, pour Toulon, l'île de Bourbon, Pondichéry, Calcutta, Chandernagor, Rangoun, Danoubiou, Karical, Trinquemalay, Jaffnapatman, Arepo, Changani, Batavia et Simon's Town. Toutes ces observations ont été faites avec le plus grand soin : dans la plupart des stations, les résultats des différentes aiguilles se sont accordés autant qu'un physicien placé dans un observatoire sédentaire aurait pu l'espérer. Les observations de l'aiguille horizontale fixeront plusieurs points des lignes sans déclinaison. Les observations de l'inclinaison ne seront pas moins utiles, car elles serviront à tracer l'équateur magnétique dont la position, dans l'Inde, ne se fonde que sur des mesures anciennes et, en général, assez imparfaites. La discussion de ces précieuses observations confirmera sans doute ce qu'on a déjà découvert sur le mouvement qui transporte graduellement la ligne sans inclinaison, de l'orient à l'occident ; mais peut-être pourront-elles servir, en outre, à décider une question encore incertaine : celle de savoir si le mouvement de cette courbe est ou n'est pas accompagné d'un changement dans sa forme.

L'examen attentif que nous avons fait des observations d'intensité nous a montré que leur discussion sera accompagnée de quelque difficulté : les aiguilles, en effet, ont toutes perdu, pendant le voyage, une partie notable du magnétisme dont elles étaient douées au moment du départ ; mais l'attention qu'on a eue

de les observer à Pondichéry dans diverses relâches; les observations de Paris de 1827, comparées à celles du commencement de 1829, permettront, nous l'espérons du moins, de déterminer la loi de cette perte et d'obtenir des résultats comparables.

Vos commissaires croient ne pas devoir passer à un autre article du rapport, sans consigner ici les noms des observateurs qui ont étudié les phénomènes magnétiques. Nous dirons, en conséquence, que les observations de Paris de 1827 et de 1829 sont de M. de Blosseville; que les observations faites à Toulon, avant le départ de l'expédition, appartiennent au commandant et au jeune lieutenant de vaisseau que nous venons de nommer; que les mesures d'inclinaison de Pondichéry, à la première relâche; que la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité à Rangoun, sont de MM. Fabré et Jeanneret; que partout ailleurs les recherches relatives au magnétisme terrestre ont été exclusivement confiées à M. de Blosseville. Dans ce travail, extrêmement pénible et délicat, ce jeune officier avait été souvent secondé par un matelot (M. Baslé), qui a péri à Batavia, victime de son zèle.

Les observations météorologiques faites à bord de *la Chevrette* formeront une des plus intéressantes acquisitions dont la physique se soit enrichie depuis longtemps. Ces observations sont consignées avec le plus grand ordre dans quatre registres; les instrumens employés avaient été comparés à des étalons exacts avant le départ de l'expédition; on les a aussi vérifiés depuis son retour; on a toujours évité, autant que possible, les erreurs qui auraient pu dépendre du rayonnement du bâtiment: ce travail, en un mot, ne laissera rien à désirer du

côté de l'exactitude. Pour faire juger de son étendue, il nous suffira de dire, par exemple, que la température de l'atmosphère et celle de l'Océan ont été enregistrées d'heure en heure, tant de nuit que de jour, pendant toute la durée du voyage. Le baromètre a été observé régulièrement durant treize mois; ordinairement douze ou quinze fois par jour; dans d'autres circonstances de demi-heure en demi-heure, et même de dix minutes en dix minutes. Cette multitude d'observations nous éclairera sur la hauteur moyenne du baromètre au niveau de la mer et sur la valeur qu'atteint la période diurne loin des côtes, c'est-à-dire dans des circonstances où la température de l'atmosphère varie très-peu toutes les vingt-quatre heures. On aura aussi maintenant le moyen de rechercher si la remarque faite par Flinders à la Nouvelle-Hollande, concernant les influences dissemblables que les vents de terre et les vents de mer exercent sur la pression atmosphérique, est également applicable à l'Océan indien. Quelques séries d'observations comparatives faites en mer, à l'aide de thermomètres dont les boules étaient blanches et noires, auront d'autant plus d'intérêt que les capitaines Parry et Franklin se sont livrés vers les pôles à des recherches analogues, et qu'on a cru pouvoir en déduire que les rayons solaires produisent d'autant moins d'effet qu'on est plus près de l'équateur. Les physiciens apprendront aussi avec satisfaction que nos navigateurs ont déterminé la température de la mer à de grandes profondeurs, en se servant de thermométrographes bien construits. Les expériences de ce genre ont toujours excité la curiosité parce qu'elles donnent lieu de rechercher comment, sous les tropi-

ques, sont entretenues ces couches inférieures dont la température paraît être beaucoup au-dessous de celle que la surface de la mer peut acquérir par voie de rayonnement; mais elles doivent d'autant plus stimuler aujourd'hui le zèle des marins, qu'il semble résulter de quelques expériences récentes que l'eau salée n'a pas, comme l'eau douce, un *maximum* de densité antérieur au degré de sa congélation, et qu'on était jusqu'ici parti de cette hypothèse dans presque toutes les dissertations que la diminution de température des eaux de l'Océan avait fait naître.

Le grand travail dont nous venons de présenter l'analyse a été fait par M. de Blosseville et par les deux chefs de timonnerie de *la Chevrette*, MM. le Gay et Vidal, que ce jeune officier avait exercés à la pratique des observations et dont le zèle ne s'est pas démenti un instant. Ajoutons que M. de Blosseville s'était procuré lui-même et à ses frais une partie des instrumens qu'il a employés.

Au nombre des travaux détachés que nous avons trouvés dans les registres de l'expédition, nous citerons des observations de marées, la détermination de la hauteur et de la température de quelques sources thermale de Ceylan, et enfin un travail physiologique auque M. Reynaud, chirurgien-major de l'expédition, e M. de Blosseville ont également concouru, sur la température de l'homme et de différentes espèces d'animaux En choisissant dans l'équipage de la corvette un bo nombre de matelots, d'âges, de constitutions et de pay différens, ces jeunes observateurs ont pu mesurer le modifications que les divers climats apportent dans l

température du sang, et ajouter quelques résultats intéressans à ceux que M. John Davy a déjà publiés sur cet objet.

Nous nous sommes bornés, pour ainsi dire, à présenter à l'Académie, l'*inventaire* des observations de diverse nature dont le voyage de *la Chevrette* aura enrichi la science; ce n'est pas que nous ayons toujours résisté au désir d'en tirer nous-mêmes quelques conséquences; mais la difficulté de ces déductions est trop peu de chose quand on la compare à celle dont des observations aussi nombreuses ont dû être accompagnées sous la chaleur brûlante des tropiques, pour que nous n'ayons pas regardé comme un devoir, même au risque de vous offrir un rapport dépourvu d'intérêt, de laisser entièrement aux auteurs du travail le plaisir de publier les premiers les résultats auxquels il conduit. Vos commissaires, au reste, auront atteint le but vers lequel ils tendaient, s'ils vous ont convaincus que l'expédition de *la Chevrette*, quoiqu'elle n'eût pas un but scientifique, occupera un rang distingué parmi celles dont les sciences auront tiré le plus de fruits; nous proposerons, dans ce cas, à l'Académie, de témoigner toute sa reconnaissance aux officiers pleins d'instruction et de zèle dont nous avons eu l'occasion de citer les noms, et d'écrire à S. E. le Ministre de la marine pour lui exprimer combien il serait désirable que des travaux aussi complets et aussi utiles fussent promptement publiés. Nous pensons aussi qu'on pourrait émettre le vœu que la rédaction de chaque partie de l'ouvrage se trouvât, autant que possible, confiée à celui des collaborateurs qui en a réuni les matériaux pendant la campagne : quoi-

que les registres soient parfaitement bien tenus, commissaires ont eu plusieurs occasions de reconn en se livrant à l'examen dont l'Académie les avait c gés, qu'il y manque inévitablement de petits dé auxquels les souvenirs seuls de l'observateur peu suppléer, et qu'on regretterait cependant un jou ne pas trouver dans l'ouvrage imprimé.

---

## SUR *la composition des hydrogènes phosph*

PAR M. BUFF.

LES analyses qu'ont faites MM. Dumas et Ros deux composés de l'hydrogène avec le phosphore n' pas d'accord, M. Gay-Lussac m'a invité à répéte expériences de M. Dumas dans son laboratoire.

### 1. *Hydrogène proto-phosphoré.*

Le gaz qu'on a soumis aux expériences qui sui a été préparé avec l'acide phosphoreux. Il ne s'en mait pas dans l'air, et il se dissolvait dans le sulf cuivre sans laisser le moindre résidu.

Décomposé dans des cloches courbées, par l'anti et le zinc, il a donné constamment, pour 100 partie d'hydrogène. Le potassium présente sensibleme même résultat, si l'on emploie un excès de gaz h gène phosphoré. Chauffé de la même manière av chlorure de mercure bien sec, on a obtenu, pour 1 du gaz, 300 p. de gaz acide hydrochlorique entièr soluble dans l'eau.

Le gaz hydrogène proto-phosphoré, chauffé av grand excès d'oxigène pur, s'enflamme facileme brûle avec une lumière extrêmement vive et pr

insupportable ; de sorte qu'on peut conclure que tout le phosphore se transforme en acide phosphorique ; au reste, les résidus de plusieurs expériences qu'on a recueillis n'ont pas décoloré le manganésiate rouge de potasse.

On a brûlé peu à peu 25,25 mesures d'hydrogène phosphoré avec 190 mesures d'oxigène ; le gaz résidu était de 139,5 mesures.

Dans une autre expérience, on a décomposé 27 mesures d'hydrogène phosphoré par 160,75 mesures d'oxigène. Il est resté 107,75 d'oxigène.

Ces expériences indiquent évidemment que 100 vol. de gaz hydrogène proto-phosphoré, pour être décomposés complètement, ont besoin de 200 vol. d'oxigène.

Tout ce qui vient d'être exposé prouve donc que l'hydrogène phosphoré non inflammable renferme une fois et demie son volume d'hydrogène et la moitié de son volume de vapeur de phosphore ; résultat qui s'accorde avec celui de M. Dumas.

## 2. *Hydrogène perphosphoré.*

Le gaz qu'on a examiné provenait de la décomposition du phosphure de chaux par l'eau.

Il se dissout très-aisément dans le sulfate de cuivre, mais 100 parties ont laissé constamment de 13,5 à 14,5 de gaz insoluble. En le chauffant dans une cloche graduée, il laisse déposer du phosphore sans changer cependant de volume ; mais il cesse de brûler dans l'air, quoiqu'il conserve la propriété de se dissoudre dans le sulfate de cuivre.

Il se décompose très-facilement, même à la température ordinaire de l'air, et quelquefois à l'instant même qu'il a pris naissance, de sorte qu'on n'est jamais sûr de l'avoir pur.

Chauffé dans une cloche courbée avec du cuivre métallique, il augmente de la moitié de son volume, comme le gaz précédent.

Ce gaz, mêlé avec trois fois son volume d'acide carbonique, brûle parfaitement bien dans l'oxigène et dans l'air, et sans laisser la moindre trace de phosphore.

Dans l'oxigène en grand excès, il brûle avec une lumière vive et brillante, presque comme le phosphore; mais, dans l'air, la lumière est beaucoup moins brillante, et elle finit par devenir pâle et bleuâtre. Dans ce dernier cas, il se forme probablement un mélange d'acide phosphorique et d'acide phosphatique; mais avec l'oxigène en très-grand excès, on a de l'acide phosphorique pur.

On a décomposé à plusieurs reprises des quantités déterminées de gaz hydrogène perphosphoré dans l'oxigène de la manière indiquée; mais les résultats de ces diverses expériences sont fort peu d'accord les uns avec les autres.

| | |
|---|---|
| 100 vol. d'hydrogène phosphoré pur se sont combinés avec | 204 d'oxigène. |
| 100 | 270 |
| 100 | 226 |
| 100 | 240 |
| 100 | 230 |
| 100 | 232 |

Toutefois ces expériences démontrent évidemment que le gaz hydrogène perphosphoré renferme plus de phosphore que le précédent.

La seconde seule tend à confirmer que 2 proportions d'hydrogène sont combinées avec une proportion de phosphore.

On a essayé différentes autres manières de déterminer plus exactement la composition de ce corps, mais elles ont toutes échoué, à cause de l'extrême facilité avec laquelle il se décompose.

Les gaz hydrogènes phosphorés se dissolvent dans l'acide sulfurique, comme M. Dumas l'a indiqué. La dissolution de gaz hydrogène perphosphoré, d'abord claire, ne tarde pas à se troubler et laisse déposer du phosphore.

Si l'on introduit de l'ammoniaque caustique dans la dissolution de ces gaz, il s'en dégage le même volume qu'on avait employé de gaz. Cependant, en abandonnant à elle-même cette dissolution, il s'en dépose de plus en plus du phosphore ; l'ammoniaque n'en dégage plus de gaz, et on remarque l'odeur de l'hydrogène sulfuré.

De l'hydrogène perphosphoré, qu'on avait laissé pendant six semaines dans une cloche sur le mercure, ne s'est plus enflammé au contact de l'air ; pourtant il a conservé son odeur particulière, et le sulfate de cuivre en a dissous 47,2 part. pour cent. En brûlant 13,125 vol. de ce gaz avec 81,5 vol. d'oxigène, on a obtenu un résidu de 66,7. Si l'on admet que le gaz, non soluble dans le sulfate de cuivre, est de l'hydrogène pur, ce qui est fort vraisemblable, à cause de son long séjour sur le mercure, on trouvera, d'après cette expérience, que 100 part. de ce gaz sont brûlées par 200 part. d'oxigène.

En faisant passer un courant de gaz hydrogène phosphoré dans une solution de sulfate de cuivre, il se forme un précipité noir, et la dissolution devient plus acide qu'elle n'était. Débarrassée de cuivre par l'hydrogène sulfuré, et mêlée avec du chlorure de barium en excès, puis filtrée, l'ammoniaque n'y a pas produit de précipité ; ce qui prouve qu'elle ne contenait pas d'acide phosphorique.

Le précipité noir a été dissous dans l'eau régale, et la dissolution, après avoir été précipitée par du chlorure de barium, a été évaporée à siccité. Le résidu, dissous dans l'eau, a été traité par l'hydrogène sulfuré pour en séparer le cuivre. L'ammoniaque, versée dans la dissolution, a produit un précipité abondant de phosphate de baryte. Néanmoins, le précipité noir paraissant s'altérer facilement, on n'a pas cru devoir en faire une analyse rigoureuse.

| JOURS. | 9 heures du matin. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Midi. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 3 heures du soir. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 9 heures du soir. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Thermomètre. maxim. | minim. | État du ciel à midi. | Vents à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 761,80 | +17,5 | 68 | 762,00 | +18,7 | 58 | 762,25 | +19,5 | 65 | 763,38 | +16,2 | 60 | +19,5 | +11,2 | Eclaircies. | N. |
| 2 | 763,78 | +18,0 | 67 | 763,75 | +18,8 | 60 | 763,26 | +19,8 | 52 | 763,67 | +15,8 | 63 | +19,8 | +12,9 | Couvert. | N. |
| 3 | 762,40 | +21,0 | 65 | 762,05 | +22,7 | 62 | 760,96 | +25,7 | 59 | 760,82 | +18,7 | 63 | +25,7 | +11,0 | Très-nuageux. | N. O. |
| 4 | 758,64 | +18,8 | 74 | 758,84 | +18,5 | 74 | 758,40 | +19,0 | 72 | 757,60 | +15,8 | 75 | +20,5 | +14,5 | Couvert. | N. O. |
| 5 | 754,82 | +17,5 | 78 | 755,09 | +19,5 | 53 | 755,34 | +19,0 | 47 | 757,84 | +17,0 | 54 | +19,5 | +10,2 | Nuageux. | O. N. O. |
| 6 | 759,93 | +13,0 | 58 | 759,80 | +14,6 | 45 | 759,07 | +15,5 | 42 | 760,00 | +11,0 | 64 | +15,5 | + 7,5 | Très-nuageux | N très-fort. |
| 7 | 761,22 | +12,2 | 65 | 762,96 | +15,0 | 62 | 762,25 | +15,5 | 55 | 764,07 | +10,0 | 68 | +15,2 | + 5,0 | Très-nuageux. | N. E fort. |
| 8 | 764,75 | +12,5 | 66 | 764,12 | +16,3 | 53 | 763,08 | +17,5 | 51 | 763,18 | +11,0 | 78 | +17,5 | + 5,8 | Très-nuageux. | N. |
| 9 | 762,42 | +13,0 | 65 | 762,18 | +14,2 | 54 | 761,68 | +13,2 | 58 | 761,12 | +11,5 | 62 | +14,2 | + 8,4 | Couvert | N fort |
| 10 | 761,87 | + 9,1 | 80 | 761,54 | +13,0 | 75 | 760,60 | +18,5 | 65 | 762,00 | +12,0 | 85 | +18,5 | [illegible] | Gouttes de pluie. | E. |
| 11 | 763,60 | +15,2 | 79 | 763,26 | +18,2 | 66 | 761,28 | +19,7 | 54 | 762,97 | +15,7 | 59 | +20,2 | [illegible] | Couvert. | N. E. |
| 12 | 764,10 | +16,5 | 75 | 763,40 | +20,1 | 60 | 763,08 | +22,0 | 45 | 763,58 | +17,5 | 52 | +22,0 | +11,0 | Nuageux. | N. N. E. |
| 13 | 763,84 | +21,2 | 63 | 763,24 | +23,2 | 44 | 762,54 | +24,2 | 40 | 762,55 | +17,5 | | +24,2 | +14,7 | Nuageux. | N. E |
| 14 | 762,24 | +23,3 | 54 | 761,30 | +26,5 | 55 | 760,80 | +24,3 | 54 | 760,10 | +16,9 | 62 | +20,5 | +13,8 | Nuageux, vapeurs. | E. N. E. |
| 15 | 759,50 | +26,2 | 51 | 758,70 | +29,0 | 40 | 757,74 | +25,7 | 42 | 757,04 | +19,0 | 56 | +29,0 | +17,2 | Nuageux. | E. S. E |
| 16 | 752,76 | +26,5 | 52 | 751,64 | +29,5 | 46 | 751,08 | +24,5 | 54 | 753,40 | +13,8 | 81 | +29,5 | +10,5 | Nuageux. | S |
| 17 | 755,09 | +18,6 | 62 | 754,02 | +19,7 | 55 | 753,36 | +18,7 | 67 | 752,30 | +12,2 | 80 | +19,7 | +11,0 | Quelques éclaircies. | S. O. |
| 18 | 753,07 | +14,3 | 70 | 753,80 | +14,0 | 70 | 754,87 | +16,6 | 61 | 757,00 | +11,8 | 80 | +16,6 | + 9,8 | Nuageux. | N O. |
| 19 | 758,75 | +19,7 | 59 | 758,24 | +22,0 | 52 | 757,48 | +21,1 | 50 | 756,20 | +13,9 | 68 | +22,0 | +12,5 | Très-nuageux. | S. O. |
| 20 | 753,30 | +20,5 | 60 | 752,42 | +21,6 | 52 | 751,50 | +22,9 | 51 | 751,07 | +18,0 | 79 | +22,9 | +13,0 | Quelq. pet. nuages. | S. E. fort. |
| 21 | 752,00 | +23,7 | 70 | 751,90 | +24,5 | 65 | 751,68 | +25,6 | 63 | 752,46 | +18,9 | 80 | +25,6 | +16,2 | Gouttes de pluie. | S. |
| 22 | 752,40 | +19,5 | 80 | 750,96 | +25,1 | 65 | 750,26 | +26,7 | 60 | 752,30 | +18,2 | 86 | +26,8 | +16,8 | Nuageux. | E. |
| 23 | 754,50 | +24,1 | 63 | 754,92 | +25,0 | 64 | 754,50 | +25,5 | 64 | 754,52 | +19,0 | 80 | +25,5 | +16,2 | Couvert | O |
| 24 | 758,22 | +21,6 | 69 | 758,46 | +23,5 | 60 | 757,84 | +23,8 | 52 | 758,18 | +20,0 | 73 | +23,5 | +12,8 | Très-nuageux | O. |
| 25 | 756,20 | +26,2 | 62 | 755,40 | +23,0 | 69 | 754,80 | +23,0 | 68 | 754,60 | +19,2 | 70 | +26,0 | +17,2 | Pluie, tonnerre. | S. |
| 26 | 755,95 | +20,0 | 75 | 755,64 | +23,5 | 60 | 755,08 | +24,0 | 53 | 753,97 | +18,0 | 70 | +24,0 | +15,8 | Quelques éclaircies. | O. |
| 27 | 747,48 | +25,2 | 58 | 745,14 | +26,0 | 61 | 743,78 | +23,2 | 73 | 743,32 | +17,0 | 78 | +26,0 | +16,5 | Couvert. | S. E. |
| 28 | 742,22 | +17,0 | 75 | 742,30 | +16,8 | 75 | 741,44 | +21,3 | 78 | 742,60 | +15,5 | 85 | +21,3 | +14,3 | Pluie par intervalles. | S S. E. fort. |
| 29 | 746,10 | +19,2 | 72 | 746,87 | +21,0 | 68 | 747,73 | +19,2 | 69 | 751,35 | +14,5 | 66 | +21,0 | +12,2 | Couvert. | O. fort. |
| 30 | 751,77 | +21,0 | 66 | 751,70 | +18,8 | 75 | 751,28 | +19,8 | 76 | 751,93 | +16,5 | 84 | +19,8 | +13,3 | Pluie. | S. |
| 1 | 761,16 | +15,3 | 69 | 761,13 | +17,1 | 60 | 760,69 | +18,3 | 56 | 761,47 | +13,8 | 67 | +18,6 | + 9,4 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 758,62 | +20,2 | 63 | 758,00 | +22,4 | 54 | 757,47 | +22,0 | 52 | 757,70 | +15,6 | 69 | +23,3 | +12,5 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 5,280 |
| 3 | 751,68 | +21,7 | 69 | 751,33 | +22,7 | 60 | 750,84 | +23,2 | 65 | 751,52 | +17,7 | 77 | +24,0 | +15,1 | Moyenn. du 21 au 30. | Terrasse, 5,100 |
| | 757,16 | +19,1 | 67 | 756,82 | +20,7 | 60 | 756,33 | +21,2 | 57 | 756,90 | +19,0 | 71 | +21,9 | +12,3 | Moyennes du mois, | + 17,1. |

## SUITE *du Mémoire sur les produits obtenus par l'action du chlore sur quelques sels.*

PAR Mr JUST. LIEBIG.

---

*Cyanite d'argent et chlore.*

En faisant passer du chlore à travers du cyanite d'argent suspendu dans l'eau, on voit se dégager aussitôt de l'acide carbonique ; il se forme du chlorure d'argent, et le liquide contient de l'ammoniaque. D'après la théorie, on aurait dû obtenir l'acide cyanique découvert par M. Sérullas.

Si l'on fait passer du chlore sec sur du cyanite d'argent également sec et exposé à la chaleur, ce dernier est détruit complètement ; il distille une liqueur limpide qui fume à l'air, et qui devient blanche et solide. En introduisant de l'eau dans cette liqueur, il se produit une légère effervescence, et il reste une substance blanche floconneuse, qui, même dans l'eau chaude, ne se dissout qu'avec peine ; elle ne contient pas d'ammoniaque, de même que la liqueur dans laquelle elle s'est formée ; par conséquent le produit distillé ne paraît pas renfermer d'acide cyaneux.

Quand on traite de la même manière le cyanite d'argent, qui n'est pas complètement sec, par du chlore qui a traversé l'eau, la décomposition s'opère plus vite et plus aisément ; en chauffant, il se développe violemment beaucoup de vapeurs blanches qui se condensent dans l'intérieur du tube de verre ou dans le ballon, en

flocons ou en une croûte blanche. Pendant cette décomposition il ne se présente pas la moindre trace de liquide fumant. Après avoir dissous la substance blanche dans l'eau, on obtient, par l'évaporation et le refroidissement, des cristaux blancs et brillans. Quelquefois aussi il se dépose des flocons blancs qui troublent la transparence des cristaux et les rendent opaques; mais on les a parfaitement purs par une seconde cristallisation. Ces cristaux ressemblent entièrement à l'acide cyanique découvert par M. Sérullas; ils se dissolvent aussi difficilement dans l'eau; la dissolution produit avec le nitrate d'argent un précipité blanc soluble dans l'acide nitrique. Fondus avec du potassium, on obtient une masse saline qui, traitée par les acides, développe, si la quantité de potassium employée est petite, de l'acide carbonique et l'odeur de l'acide cyaneux; mais, quand on emploie beaucoup de potassium, on a une liqueur très-alcaline qui précipite en bleu les solutions acides des sels de peroxide de fer. D'ailleurs j'ai eu occasion de faire des expériences comparatives avec une portion d'acide cyanique préparé par M. Sérullas lui-même, que j'avais reçu de M. Gay-Lussac, de sorte qu'il ne me reste aucun doute sur la nature de cet acide obtenu du cyanite.

Dans une de ces expériences, en décomposant le cyanite d'argent par le chlore, je n'obtins pas l'acide cyanique, mais un corps blanc floconneux qui est plus soluble dans l'eau, et dont la dissolution a une saveur faible et astringente, et jouit de la propriété d'être précipitée en flocons visqueux par l'ammoniaque. On ne trouve dans ce corps ni acide carbonique ni ammoniaque.

J'ai obtenu, comme je viens de l'indiquer plus haut, une substance tout-à-fait semblable en traitant par l'acide nitrique le corps jaune résultant de la décomposition du sulfocyanure de potassium par le chlore. Dans le cas où il y aurait, comme M. Sérullas le présume, une combinaison de 2 de cyanogène avec 3 de chlore (l'oxide correspondant existe), il pourrait bien se faire que le corps blanc dont je parle ne fût autre chose que cette combinaison elle-même ou du moins qu'il en contînt.

La formation de l'acide cyanique aux dépens de l'acide cyaneux de la manière que j'ai indiquée, démontre et la justesse de la composition de ces deux corps, et l'exactitude des analyses qu'en ont faites MM. Sérullas et Woehler.

Le cyanite de potasse fondu, décomposé par le chlore, offre des produits analogues, quoiqu'en moindre quantité; mais toujours le corps blanc mentionné se forme en même temps.

*Fulminate d'argent et chlore.*

Si l'on fait passer du chlore à travers du fulminate d'argent mêlé avec de l'eau et en bouillie épaisse, la masse entière devient jaune; une grande quantité de chlore est absorbée, et la décomposition étant achevée, on remarque à la surface du mélange une grande quantité d'un corps jaune huileux, qui, agité avec une grande quantité d'eau, gagne le fond du vase. Cette substance est douée d'une odeur pénétrante, insupportable, qui rappelle celle du chlorure de cyanogène solide, et qui affecte douloureusement les yeux; la saveur en est pénétrante, âpre, brûlante, et va presque jusqu'à paralyser

la langue. En introduisant toute la masse avec le chlorure d'argent dans une cornue, et en distillant, on obtient, bien avant l'ébullition de l'eau, un corps huileux et incolore qui possède la même odeur pénétrante; en même temps il se dégage des bulles de gaz. L'huile jaune, conservée sous l'eau, se décompose aussi en développant du gaz; elle est insoluble dans les dissolutions alcalines, mais elle se dissout très-bien dans l'esprit-de-vin: si l'on mêle de la potasse à cette solution alcoolique, et qu'on y verse une solution d'oxide de fer et un peu d'acide, elle se colore en vert.

Ces propriétés prouvent que c'est le même corps que M. Sérullas a obtenu en exposant le chlore avec le cyanure d'argent à la lumière du soleil. Je n'ose rien avancer sur sa composition, parce que son action sur les organes de la respiration m'a empêché de poursuivre mes recherches.

La manière dont le fulminate d'argent se comporte avec le chlore, ne répand pas plus de lumière que toutes les expériences antérieures sur la manière dont les parties constituantes de l'acide fulminique sont réunies. On pourrait présumer qu'il est un sel double de cyanate d'argent et de cyanure d'argent, ou de ce dernier et de peroxide d'argent; mais cela ne paraît pas vraisemblable si l'on a égard à la manière de préparer le fulminate d'argent. On peut d'ailleurs objecter contre la première supposition, que le cyanure d'argent ne se dissout pas dans le cyanate de potasse, et c'est ce qui devait arriver d'après l'analogie des fulminates d'argent et d'alcalis. Je me suis convaincu, par des expériences particulières, que pendant la décomposition du fulminate d'argent il ne se sépare pas d'oxi-

gène, et il ne se forme ni acide chlorique, ni acide cyanique. Il faut par conséquent que l'oxigène de l'oxide d'argent soit entré dans la composition de l'huile jaune; car on ne peut pas supposer la formation du peroxide d'hydrogène, puisque, dans ce cas, en chauffant, on devrait avoir de l'oxigène dont pourtant on ne remarque pas une trace.

Il ne me paraît exister qu'un seul cas qui aurait pu expliquer les diverses propriétés du cyanite d'argent et du fulminate d'argent; c'est la supposition d'une combinaison de l'acide cyanique avec un protoxide d'argent. On ne connaît pas encore, à la vérité, un degré d'oxidation plus bas que l'oxide d'argent; mais, puisqu'il existe des chlorures et des cyanures plus bas que le chlorure et le cyanure d'argent ordinaire, cela indique, de même que les expériences de Prout et de Faraday, qu'il est possible qu'on trouve un jour le protoxide correspondant.

J'ai annoncé, dans le temps, qu'en faisant passer dans du fulminate d'argent délayé dans l'eau de l'hydrogène sulfuré en moindre quantité qu'il n'en faut pour une décomposition complète, on remarque une odeur fort pénétrante qu'on ne peut pas méconnaître pour celle de l'acide cyaneux, et qu'il se forme des nuages blancs si l'on approche de l'ammoniaque; si l'on considère en même temps la force réductive de l'esprit-de-vin, l'opinion que j'ai énoncée ne paraîtra pas tout-à-fait invraisemblable; mais quelques expériences que j'ai faites à cette occasion prouvent trop clairement que ce n'est pas dans l'oxide, mais dans une réunion particulière des principes

constituans de l'acide que se trouve la cause de la fulmination.

En versant sur du fulminate d'argent du sulfure de potassium ou d'ammoniaque qu'on prépare avec le sulfure de baryum par précipitation avec du carbonate de potasse ou d'ammoniaque, la séparation de l'argent s'opère si complètement, que le liquide n'est troublé ni par l'acide hydrochlorique, ni noirci par les sels d'argent. Les fulminates de potasse sont parfaitement neutres, et offrent exactement la saveur du cyanite de potasse (Woehler) ou de l'urée artificielle; mais on ne peut pas les évaporer sans les décomposer. En mêlant ces fulminates avec du nitrate d'argent, qui peut retenir de l'acide libre, on a un précipité blanc qui est du fulminate d'argent rétabli. Lorsque la liquenr a retenu du sulfure de potassium libre, le précipité est grisâtre ou noir; mais si on le chauffe alors avec de la potasse, et qu'on verse le liquide alcalin dans une solution acide d'argent, le fulminate d'argent qui se précipite est blanc.

Jusqu'à présent, je n'ai pas retiré d'urée du fulminate d'ammoniaque.

### *Acide urique et chlore.*

Pour préparer un acide urique pur, je me suis servi des excrétions de serpens. Si l'on chauffe de l'acide urique bien sec dans du chlore sec, on obtient une quantité énorme d'acide cyanique et d'acide hydrochlorique; l'acide urique disparaît en laissant un léger résidu charboneux.

A la température ordinaire, il ne se change pas dans le chlore humide; mais, étant humecté avec de l'eau, il

se boursouffle et dégage de l'acide carbonique et de l'acide cyaneux ; la dissolution renferme de l'acide hydrochlorique, de l'ammoniaque et beaucoup d'acide oxalique.

On a remarqué depuis long-temps de l'acide oxalique parmi les produits de cette décomposition ; si cet acide s'était produit dans cette circonstance, ce dont je doute, ce serait le seul cas où il prendrait naissance par l'effet du chlore. La présomption que l'acide urique est une combinaison d'acide oxalique avec un autre corps organique, comme l'acide cyanique et l'ammoniaque, ne peut plus paraître singulière depuis la découverte de l'urée artificielle; au moins j'ai fait quelques expériences sous ce point de vue, lesquelles, quoique je n'aie pas réussi à obtenir de l'acide urique, suffisent pour démontrer que les acides organiques peuvent former entre eux des combinaisons qui sont bien propres à appuyer une opinion semblable.

Si l'on broie ensemble de l'acide oxalique cristallisé et du cyanite de potasse sec, on observe d'abord l'odeur forte de l'acide hydrocyanique, mais qui cède bientôt à l'odeur pénétrante de l'acide cyaneux ; il se développe en même temps beaucoup d'acide carbonique. En versant peu à peu de l'eau sur ce mélange, on ne parvient pas à le dissoudre entièrement, comme pourtant on devait le présumer ; mais il reste une grande quantité d'un corps blanc et floconneux qui est insoluble même dans l'eau bouillante. Séché, il se présente en poudre et n'est pas décomposé par les acides ; la chaleur le décompose en dégageant une odeur très-pénétrante. Ce corps blanc se dissout sans peine dans l'ammoniaque et dans la potasse. En le dissolvant dans la potasse, je n'ai pas re-

marqué de dégagement d'ammoniaque. Quand on introduit de l'acide acétique dans la dissolution, il s'en sépare au bout de quelques jours des cristaux d'acide cyanique ou du cyanate acide de potasse. En évaporant la dissolution seule, on obtient des aiguilles quadrilatères et plattes, qui se comportent comme du cyanate de potasse; on peut, à l'aide de sels de chaux, démontrer la présence de l'acide oxalique dans les eaux-mères. Fondu avec du potassium, le même corps blanc donne une masse saline qui précipite en bleu les sels acides de peroxide de fer. Le cyanite de potasse en dissolution dans l'eau est décomposé sans le moindre résidu par une dissolution d'acide oxalique.

La nature de ce corps singulier est, en quelque sorte, analogue à celle de l'oxide cystique. Il ne serait pas sans intérêt de faire quelques expériences comparatives avec l'oxide cystique; mais je n'en possède aucun échantillon.

Le cyanite de potasse pulvérisé, mêlé avec de l'acide acétique concentré se boursouffle vivement pendant la décomposition; au bout de quelque temps le mélange se prend en une bouillie épaisse : si on y verse alors beaucoup d'eau, il se forme un résidu blanc, mais qui se dissout complètement à l'aide de la chaleur. En évaporant le liquide qui, d'après la théorie, ne devrait contenir que de l'acétate de potasse et de l'acétate d'ammoniaque, il se dépose une foule de cristaux de cyanate de potasse (Sérullas). Ce procédé me paraît propre à la préparation d'autres cyanates : on pourrait précipiter le cyanate de potasse par le nitrate d'argent, puis décom-

poser le cyanate d'argent par l'acide hydrochlorique, et par évaporation faire cristalliser l'acide cyanique.

Pendant la décomposition du cyanite de potasse par l'acide acétique, je n'ai point senti l'odeur de l'acide hydrocyanique. Quand on traite le cyanite de potasse avec de l'acide nitrique fumant, il se forme aussi de l'acide cyanique, quoiqu'en petite quantité.

### *Acide purpurique et chlore.*

La production même de cet acide est un objet qui mériterait une attention plus grande que celle que je puis lui donner (1); car la manière de se décomposer de l'acide urique s'éloigne beaucoup des phénomènes qu'on observe ordinairement en décomposant d'autres corps organiques par l'acide nitrique dilué : il se produit une vive effervescence provenant du dégagement de l'acide carbonique; mais, à température basse, on voit à peine se former de l'oxide d'azote ou de l'acide nitreux. Lorsque l'effervescence a cessé, l'acide purpurique ne s'est pas encore formé; car, en ajoutant de l'ammo-

---

(1) Lorsque les expériences que je viens de faire connaître furent terminées, je voulus répéter toutes les recherches antérieures faites sur l'acide urique; mais je renonçai à ce travail dès que j'appris que M. Woehler était occupé de recherches semblables. Je me contente d'observer qu'il a reconnu que l'acide pyrourique est identique avec l'acide cyanique; résultat que je puis constater, parce qu'il me serait facile de faire voir que je l'avais obtenu avant de recevoir cette nouvelle, et par un procédé qui sans doute sera bien différent du sien.

niaque, le liquide ne rougit pas; mais, après qu'on l'a fait bouillir quelques minutes, l'ammoniaque produit une couleur rouge de pourpre, et par l'évaporation on obtient le purpurate d'ammoniaque si remarquable par la beauté de sa couleur. D'après sa composition, on peut considérer l'acide urique comme une combinaison de l'acide cyaneux avec de l'hydrogène, et l'acide purpurique comme une combinaison de l'acide cyanique avec de l'hydrogène; jamais cependant je n'ai pu obtenir de l'acide cyanique en traitant l'acide purpurique par le chlore, quoique celui-ci le décompose facilement.

Les acides tartrique, acétique, benzoïque en dissolution, sont à peine attaqués par le chlore. L'acide acétique seul paraît avoir subi un changement. En chauffant l'acide acétique concentré et en y faisant passer pendant quelques heures de suite un courant de chlore, il s'est dégagé une odeur insupportable qui attaquait violemment les yeux. J'ai essayé de préparer ce corps volatil par voie de distillation, mais je n'ai rien obtenu que de l'acide acétique, qui, en raison d'un peu de chlore avec lequel il était mêlé, avait la propriété de blanchir les couleurs organiques.

Si les analyses qu'on a faites des acides acétique et succinique sont exactes, l'acide acétique doit se convertir, par l'action du chlore, en acide succinique; aussi ai-je été surpris de voir que l'acide acétique, à travers lequel on avait fait passer du chlore, après avoir été saturé par de l'ammoniaque, colora en rouge-brunâtre foncé le perchlorure de fer; mais je trouvai que c'est une propriété que possèdent tous les acétates : elle se retrouve de même dans l'acide sulfureux et dans les

sulfites solubles. Ces derniers corps convertissent le peroxide de fer en protoxide; mais on n'y remarque pas la formation de l'acide hyposulfurique.

L'acétate d'argent anhydre se décompose instantanément par le contact du chlore et en produisant de la chaleur. Tous les produits qui se forment sont gazeux. Le tartrate, le formiate et le citrate d'argent se comportent de la même manière.

Le sucre, la gomme et l'amidon ne sont décomposés qu'avec difficulté par le chlore. J'ai fait passer pendant huit heures, dans des solutions étendues et concentrées de ces corps, un courant continuel de chlore; mais, à peine $\frac{1}{10}$ s'en était décomposé après ce temps : je n'ai pas remarqué d'autres produits que de l'acide carbonique et de l'acide hydrochlorique.

Le sucre et l'amidon desséchés sont changés à peine à l'aide de la chaleur par le chlore sec; l'amidon prend une couleur jaune, et le sucre donne une odeur particulière d'éther. Je n'ai pu voir d'autres marques de décomposition.

Le cyanure d'argent, en présence de l'eau, se décompose en développant du cyanogène et en formant du chlorure d'argent; ce n'est que lorsque tout le cyanure d'argent est décomposé qu'on observe la formation du chlorure de cyanogène.

L'action du chlore sur le cyanure de mercure est connue par les expériences de M. Sérullas.

Si l'on mêle une solution de chlorite de chaux avec du cyanure de mercure, le liquide reste clair pendant quelques minutes; mais bientôt il se forme, au milieu du liquide, des nuages blancs qui augmentent rapide-

ment ; le liquide mousse vivement ; il s'en échappe de l'azote, de l'acide carbonique, et aussi du cyanogène si le chlorite contenait du chlore libre. Le précipité blanc n'est que du carbonate de chaux.

Le bleu de Prusse parfaitement pur, chauffé avec une solution de chlorite de chaux, se décompose rapidement ; il y a une vive effervescence, et il se dégage du cyanogène ou de l'acide cyanique ; le liquide devient brun-rougeâtre, et précipite en bleu très-foncé les sels de peroxide de fer. Par l'évaporation, on a des cristaux de chlorate de potasse et le sel double du percyanure de fer avec le cyanure de calcium. La présence du chlorate de potasse prouve que le bleu de Prusse, même le plus pur, renferme encore une certaine quantité de potasse.

---

## Défense *de la théorie de Volta, relative à la production de l'électricité par le simple contact, contre les objections de M. le professeur A. de La Rive.*

Par le professeur Pfaff de Kiel.

---

Dans une lettre à M. Gay-Lussac, du 15 juillet 1829.

---

Vous avez publié, Monsieur, dans le Cahier de novembre 1828 de votre excellent Recueil, l'extrait d'un Mémoire de M. le professeur Auguste de La Rive, intitulé : *Recherches sur la cause de l'électricité voltaïque.*

Le résultat très-frappant de ce Mémoire est une réfutation de la *Thèse fondamentale* de la théorie de Volta relative à la chaîne galvanique et à sa pile, celle de la production de l'électricité par le simple contact réciproque des corps entre eux, et spécialement des *métaux*. M. A. de La Rive a cherché à démontrer, par une grande série d'expériences et d'observations, que le contact simple et seul n'est jamais par lui-même la cause de cette électricité ; mais que, dans tous les cas, c'est une *action chimique*, qui détermine cette production. Il a divisé son Mémoire en deux parties, dont l'une recherche les causes de la production de l'électricité voltaïque sous *forme de courant* ; l'autre, l'origine de l'électricité dans le contact sous *forme de tension*. C'est principalement de la critique de cette dernière partie dont je vais m'occuper dans cette lettre ; car, en effet, c'est cette électricité, sous forme de tension, qui est excitée et qui se manifeste avant que la chaîne galvanique soit réunie par ses deux extrémités, et par cela même avant que le courant soit établi, qui est, pour ainsi dire, le point de départ de la théorie de l'illustre inventeur de la pile. C'est cette force merveilleuse que, d'après son opinion, les corps, et principalement les métaux, exercent réciproquement l'un sur l'autre par le simple contact, et qu'on a désignée par le mot de force *électromotrice*, dont découle aussi d'une manière simple, claire et rigoureuse, l'explication de l'établissement du courant électrique par la réunion des deux extrémités de la chaîne ou de la pile. C'est aussi dans cet état, avant la réunion des deux extrémités pour former la chaîne proprement dite, que le phénomène s'offre dans sa plus

grande simplicité, et qu'on peut espérer de saisir plus sûrement les conditions vraiment essentielles que dans le cas d'une combinaison plus compliquée.

On n'ignore pas que c'est exclusivement le *condensateur* joint à un électromètre sensible quelconque, par exemple, à feuilles d'or, dont il faut se servir pour démontrer l'électricité sous forme de tension produite par le simple contact, et que c'est précisément le célèbre Volta lui-même qui s'en est servi d'une manière si ingénieuse. Or, M. de La Rive rappelle l'expérience fondamentale de Volta, qui consiste en cela, que, quand on touche le plateau de cuivre ou de laiton (ces deux métaux ne montrant qu'une très-petite différence) d'un bon condensateur avec une lame ou un morceau quelconque de zinc bien décapés, le plateau reste chargé d'électricité négative d'une tension déterminée, que l'électromètre indique si l'on soulève le plateau supérieur du condensateur. Volta prétend, comme l'on sait, que cette électricité est l'effet du simple contact des deux métaux sans l'intervention d'aucune autre cause, en ce que, dans le sens de la théorie d'une seule matière électrique adoptée par lui, c'est le cuivre (ou le laiton) qui pousse, par une sorte d'impulsion, la matière électrique dans le zinc, laquelle découle par ce même métal et les doigts, par lesquels il est tenu, dans le cas ordinaire de faire cette expérience, dans le réservoir commun, dont la suite nécessaire est une privation d'électricité dans le cuivre, ou un état d'électricité négative d'une tension déterminée, qui est augmentée conformément aux lois d'actions du condensateur d'une manière si sensible, que cette électricité négative peut être reconnue à l'électro-

mètre. D'après la théorie des deux matières électriques, c'est plutôt un double effet par lequel l'électricité négative est poussée vers le cuivre, et s'y accumule jusqu'à un degré déterminé, et l'électricité positive, poussée vers le zinc, découle par les doigts dans le réservoir commun. Or, M. A. de La Rive prétend que, indépendamment du contact, il y a deux circonstances qui méritent un examen attentif. L'une est l'action chimique que peut exercer sur le zinc l'humidité de la main avec laquelle on tient ce métal; l'autre, l'action chimique de l'oxigène et des vapeurs aqueuses de l'air atmosphérique sur toute l'étendue de la surface oxidable. D'après lui, l'électricité est décomposée, ou les deux matières qui ont formé le o électrique sont séparées l'une de l'autre dans les points où s'exerce l'action chimique, l'électricité positive découlant par l'humidité de la main, ou se dispersant par les vapeurs, et l'électricité négative, isolée, pour ainsi dire, par la couche sensiblement sèche de l'oxide qui s'est formé, étant retenue sur le métal, et se répandant de même sur le plateau du condensateur. M. de La Rive décrit plusieurs expériences qui semblent très-bien s'accorder avec cette explication, et qui ne lui paraissent pas compatibles avec la théorie de la production par le simple contact. Il observe, entre autres, que, pour que l'expérience réussisse, il ne faut pas trop mouiller les doigts, afin que la légère couche d'oxide qui se forme ne soit pas humide; car alors les deux fluides électriques que développe l'action chimique, n'étant séparés que par un assez bon conducteur, se réuniraient et se neutraliseraient. Mes expériences ne sont pas d'accord avec *cette*

*assertion*. J'ai trouvé constamment la même tension électrique, que mes doigts aient été plus ou moins mouillés, et on a de même tout l'effet dépendant de l'action du zinc sur le cuivre, et réciproquement, si l'on soutient la lame de zinc par un carton bien trempé, soit d'eau, soit d'une dissolution de sel ordinaire. Il n'est pas surprenant que la charge du condensateur soit plus faible, si l'on tient le zinc avec une *pince de bois*, parce que le bois, dans son état ordinaire, étant un conducteur très-mauvais, principalement pour des électricités de si faible tension, l'électricité, qui doit s'accumuler dans le plateau collecteur, se perd sensiblement dans le même degré, en passant par les couches très-minces de vernis dont les plateaux du condensateur sont enduits, et par le plateau supérieur qui communique avec le réservoir, je dis dans le même degré, dans lequel elle découle lentement du zinc par le bois. C'est absolument la même raison pour laquelle on ne peut pas charger sensiblement un condensateur par une pile sèche. Si l'on fait passer l'haleine ou les vapeurs d'acide nitrique ou hydrochlorique vers la plaque de zinc, qu'on tient avec la pince de bois, ce dernier se couvre alors d'une couche qui conduit beaucoup mieux que le bois, et la charge du condensateur pourra se faire.

Mais passons à des expériences décisives et qui prouvent, au-dessus de toute objection, la production de l'électricité par le simple contact et sans l'intervention d'aucune action chimique quelconque, sauf celle qu'on voudrait attribuer aux métaux même dans leur état de rigidité. Je me suis servi, pour ces expériences, d'un condensateur dont l'un des plateaux était de *cuivre* et

l'autre de *zinc*, auquel j'ai substitué, dans quelques expériences, un plateau d'*étain*, les deux plateaux étant enduits d'une couche mince de vernis, et l'un des deux vissé sur un électromètre à feuilles d'or. On sait, d'après les expériences déjà faites par Volta, que si, après avoir établi une communication mutuelle entre les deux plateaux par un fil métallique quelconque tenu par un manche isolant de verre ou de cire d'Espagne, et, après avoir éloigné le fil métallique, on soulève le plateau supérieur, l'électromètre montre absolument la même tension électrique que dans le cas où on aurait touché le plateau inférieur collecteur avec une plaque de métal, de même nature que le plateau supérieur, tenue avec la main. Cette électricité est *négative*, le plateau inférieur étant de cuivre, le supérieur de zinc, et *positive* dans la disposition inverse. Volta a soutenu que, dans le premier cas, la tension électrique était seulement la *moitié* de *celle* du second; mais il s'est trompé. Si le condensateur avait, dans les deux cas, la même force de condensation, par exemple, égale à *m*, l'assertion de Volta serait juste dans le sens de sa théorie, vu que la tension électrique du zinc et du cuivre, tous les deux étant isolés, est seulement la moitié de celle que l'un des deux acquiert, l'autre communiquant au réservoir commun, et se trouvant, par cela, à l'état de o; conformément à la règle générale, que la *différence* de tension électrique entre deux corps qui se touchent, et qui produisent par leur contact mutuel une séparation des deux électricités, est une *constante*, cette égalité ne pouvant exister, si la différence s'établit dans l'un des cas entre o et $\pm$, et dans l'autre entre $\pm$ et $\mp$, que, quand la tension est

double dans le premier cas. Mais comme, dans le cas où les deux électricités contraires, agissant réciproquement l'une sur l'autre pour se rendre latentes, affluent de la *même* source ou du *même* zéro électrique en égale proportion, le condensateur *exerce* une force de *condensation* deux fois plus grande que dans le cas où les deux électricités qui se condensent réciproquement ne dérivent pas du même o électrique, le résultat sera égal dans les deux cas; car, posant la force de condensation dans le second cas $= m$, nous aurons $m \times \pm 1$, et, dans le premier cas, la force de condensation étant égale à $2m$, mais la tension, moitié moindre, nous aurons $2m \times \pm \frac{1}{2} = m \times \pm 1$. M. Jaeger, moi-même et d'autres physiciens avons confirmé ce résultat par l'expérience; mais il peut aussi être déduit d'une manière rigoureuse de la théorie mathématique du condensateur.

L'électricité, développée en faisant l'expérience de la manière ci-dessus décrite, ne dépend pas au moins de l'humidité des doigts qui n'y entrent pour rien; mais toujours encore l'action chimique des vapeurs d'eau ou de l'oxigène de l'air ambiant n'est pas exclue, et c'est cette source à laquelle M. de La Rive attribue l'électricité produite dans ce cas. Toutefois on ne peut pas concevoir, d'après son explication, d'où dépend, dans ce cas, l'électricité *positive du zinc*, ce métal retenant l'électricité négative, pendant que l'électricité positive est dispersée par les vapeurs aqueuses. Mais j'ai varié encore cette sorte d'expérience pour mettre fin à toute discussion. J'ai pris une cloche pourvue de deux *boîtes à cuir*. J'ai placé sous cette cloche un électromètre à feuilles d'or, muni d'un condensateur, dont l'un des plateaux

était de zinc, l'autre de cuivre. Une tige de laiton, passant par l'une des boîtes à cuir, aboutissait au plateau supérieur de cuivre, et y était fixée tellement, qu'en tirant en haut ou en abaissant cette tige, l'on pouvait élever le plateau supérieur du condensateur, et l'éloigner du plateau inférieur ou le poser sur ce dernier. Par l'autre boîte à cuir passaient deux fils de laiton, qui étaient tellement arrangés et recourbés à leur bout inférieur, que dans une certaine position l'un touchait le plateau supérieur et l'autre le plateau inférieur; et comme ces deux fils métalliques étaient joints ensemble à leur extrémité supérieure hors de la cloche par un autre fil métallique, ils rendaient le même service que quand on établit une communication entre les deux plateaux par un simple fil métallique. En tournant ces deux fils métalliques à l'aide de leur extrémité extérieure, leurs bouts intérieurs pouvaient être séparés des plateaux du condensateur. A l'aide de cet appareil assez simple, j'étais en état de faire l'expérience voltaïque fondamentale dans toute espèce de gaz desséché aussi parfaitement qu'il était possible et dans le vide; car, après avoir fait le vide, je pouvais introduire sous la cloche, à l'aide d'un robinet vissé au haut de cette cloche, les différens gaz dans l'état ordinaire d'humidité ou desséchés. Eh bien, que l'électromètre avec le condensateur fût environné d'air atmosphérique humide ou desséché, de gaz oxigène, d'azote, d'acide carbonique, d'hydrogène, ou d'hydrogène carboné, *cela ne changea* rien dans les résultats. En établissant premièrement le contact métallique entre les deux plateaux du condensateur, puis faisant cesser ce contact, en éloignant

le plateau supérieur de l'inférieur, j'obtins toujours la même *tension électrique*, positive dans le zinc, négative dans le cuivre et d'égale intensité. On conçoit bien qu'il est impossible d'alléguer encore des circonstances extérieures et étrangères au contact, comme causes de l'électricité produite; car comme toutes ces circonstances variaient, l'effet restant toujours le même, une saine philosophie nous apprend qu'aucune autre circonstance ne pouvait être la cause que celle qui également n'avait pas varié, c'est-à-dire, le contact réciproque des métaux entre eux. Quelle action chimique peut encore être accusée quand l'expérience, faite dans le gaz azote et le gaz hydrogène aussi purs et aussi desséchés qu'ils pouvaient être obtenus, ont produit la même électricité que le gaz oxigène humide. Pour que ces expériences, sans doute très-décisives pour la théorie de Volta, réussissent bien, il faut que le condensateur soit très-parfait, les plateaux métalliques bien polis l'un sur l'autre, et ensuite enduits d'une couche très-mince de *vernis de succin*, que j'ai trouvé le meilleur pour cet usage. Avec un condensateur qui condense à peu près 300 fois et avec des feuilles d'or d'une largeur d'un sixième de pouce et d'une longueur de deux pouces, j'obtins ordinairement une divergence des feuilles d'or d'un demi-pouce. En employant, au lieu du zinc, un plateau d'étain, tellement que c'était alors l'action mutuelle de l'étain et du cuivre dans le contact qui produisait l'électricité, la divergence était à peu près un quart de la précédente, pendant qu'elle était plus de la moitié de la première, si l'on employait deux plateaux l'un de zinc, et l'autre d'étain, et toujours indépendamment de la nature du milieu ambiant.

A ces preuves *directes* contre l'*assertion* de la nécessité de l'intervention d'une action chimique pour produire l'électricité dite de contact, on peut ajouter encore des argumens indirects tirés des faits dont l'explication de M. de La Rive ne peut pas rendre compte. Si c'est l'action chimique exercée sur le métal oxidable qui est la source de l'électricité, d'où vient donc la différence de la charge électrique du condensateur en employant différens plateaux collecteurs d'argent, de cuivre, d'étain, de plomb qu'on touche dans tous les cas avec du zinc? Comment s'expliquerait la série de tensions que forment les métaux, leurs sulfures et quelques-uns de leurs oxides, et la loi fixe de cette série qui dès le commencement a été établie par Volta et confirmée par tant de physiciens? Il est constaté, par des expériences assez exactes, que le cuivre occupe à peu près le milieu de cette série, dont l'une des extrémités est occupée par l'hyperoxide de *manganèse* (manganèse gris), l'autre par le zinc (en faisant abstraction des métaux des alcalis et des terres qui se placent encore au-dessous du zinc). Eh bien! si, dans le contact du zinc avec le cuivre, c'est l'oxidation du zinc qui produit l'électricité, comment est produite l'électricité dans le contact du cuivre avec l'hyperoxide de manganèse? Est-ce que l'oxidation du cuivre produit dans ce cas de l'électricité *positive*, pendant que cette même oxidation, quand on emploie le zinc, produit l'électricité négative dans le métal? S'il est donc démontré par tout ce qui précède (et je pourrais encore ajouter beaucoup d'argumens), que l'électricité, sous forme de tension, dépend du simple contact, et qu'elle est produite sans

l'intervention d'aucune action chimique, c'est encore une autre question à décider, si le courant électrique qui s'établit par la réunion des deux extrémités de la chaîne simple ou de la pile en dépend essentiellement. M. de La Rive soutient cette dépendance par des expériences et des observations très-intéressantes; mais beaucoup de ces expériences et observations sont déjà très-anciennes, et appartiennent, pour la plupart, à M. Ritter, qui a été en Allemagne le défenseur le plus zélé de la théorie chimique de la pile voltaïque. Je ne veux pas entrer ici dans la discussion de cette matière très-intéressante; je me borne seulement à citer un fait qui me paraît peu d'accord avec cette théorie chimique, d'après laquelle l'énergie du courant électrique doit être proportionnée à l'énergie de l'action chimique que le fluide employé exerce déjà par lui-même sur l'un des métaux. Or, on devait s'attendre que la dissolution saturée de sulfate de zinc, très-pure, et dépouillée de l'air interposé, soit par la chaleur, soit par la pompe pneumatique, avec laquelle les cartons d'une pile de zinc et de cuivre seraient humectés, ou les auges remplies, ne devrait donner presque aucun effet, vu qu'elle n'exerce aucune action chimique ni sur le zinc, ni sur le cuivre, et néanmoins cette dissolution produit un courant électrique beaucoup plus énergique que toutes les dissolutions des autres sels, à l'exception du sel ammoniac. Je demande encore quelle est donc l'action chimique qui produit le courant électrique dans la chaîne et dans la pile thermo-électrique ?

Pour ce qui concerne l'application que M. A. de La Rive a faite de sa théorie pour expliquer les phénomènes

électriques de la pile et ses effets, il pourra à peine échapper à tout lecteur attentif que ces explications laissent beaucoup d'obscurité, et que la loi si bien établie par la théorie de Volta de l'accroîssement régulier de la *tension électrique* avec le nombre des paires métalliques. n'en peut pas être déduite rigoureusement. Mais la critique exacte de cette partie du travail de M. A. de La Rive sort du plan de ce Mémoire, où je devais me borner à démontrer, par des expériences décisives, qu'il y a production d'électricité par le simple contact sans l'intervention d'une action chimique.

---

## MÉMOIRE

### *Sur l'évaluation des hautes températures.*

Par Mr J. Prinsep, essayeur à la Monnaie de Bénarès.

(Lu à la Société royale de Londres, le 13 décembre 1827.)

Si les personnes chargées d'opérations qui demandent un emploi raisonné du feu, avaient rapporté toutes les expériences pyrométriques qu'elles ont indubitablement faites à diverses époques, des tentatives avortées, pour ne point dire des erreurs complètes, en composeraient en grande partie le catalogue. La rencontre de difficultés imprévues, l'incertitude des résultats obtenus, a fait probablement abandonner les essais entrepris pour obtenir les mesures exactes des hautes températures. Telle est du moins la seule manière d'expliquer le vide que

présente cette branche des connaissances chimiques, si pleine d'intérêt et si importante sous le rapport pratique.

Dans la division des parties inférieures de l'échelle de température, dans la détermination des méthodes convenables de graduation, dans les lois de l'expansion, de la tension des fluides élastiques, etc., on a introduit une exactitude portée à un très-haut degré. En effet, jusqu'à la température où le mercure entre en ébullition, nous avons des évaluations passablement exactes de la dilatation des métaux et des fluides. Grâce aux expériences de MM. Dulong et Petit, la table de ces dilatations renferme même les irrégularités des indications thermométriques de différentes substances, comparées à l'expansion de l'air supposée uniforme, ou de tout autre gaz à l'état sec.

Mais, quant à la mesure de la chaleur produite par les fourneaux, jusqu'à l'époque récente où M. Daniell s'occupa de cette matière, nous ne trouvons que l'invention du pyromètre de M. Wedgwood, instrument dont les indications sont admises, dans tous les ouvrages de chimie, comme une autorité pour quelques théories extraordinaires relatives à l'échelle de la température, et même pour d'autres qu'une légère connaissance pratique des métaux et des creusets a dû, dans tous les temps, montrer erronées. Comme exemple de ces dernières, je me bornerai à citer le point de fusion du cuivre, qui, dans la table de M. Wedgwood, est placé, sur l'autorité de M. Alchorne, bien au-dessous de celui de l'argent; tandis que, si l'on chauffe avec soin un creuset contenant les deux métaux à l'état de pureté, l'on voit l'argent se liquéfier autour du cuivre quel-

ques instans avant que ce dernier ne cède à l'action du feu.

Lorsque j'avance que la pyrométrie a fait de si faibles progrès, j'entends parler seulement de la mesure exacte des hautes températures. M. Wedgwood lui-même n'a jamais jugé son instrument capable d'atteindre un tel but, quoiqu'il fût tout-à-fait propre à déterminer pratiquement les déviations d'un point de chaleur réglée, objet requis dans tous les procédés des arts. Dans cette partie de la pyrométrie, nous pouvons sans doute compter de nombreuses inventions, trouvées à diverses époques par d'ingénieux artistes ; et la plupart des opérations ignées, telles que celles qui se rencontrent dans l'art de l'émailleur, de l'essayeur, du fondeur, etc., fournissent des moyens de contrôle dans lesquels l'ouvrier peut généralement avoir toute confiance.

Il est inutile de décrire les expédiens inventés pour indiquer la chaleur des feux d'une manière simplement comparative. Le principe de la plupart d'entre eux consiste à placer au travers du fourneau une barre de métal qui agit, par sa dilatation ou autrement, sur un mécanisme approprié à ce but et situé au dehors. J'ai moi-même fait long-temps usage d'une pareille barre, portant à l'une de ses extrémités une échelle composée d'or et d'argent, établie d'après le principe de la compensation. Je n'en parle ici que pour avoir l'occasion de relater une circonstance curieuse, qui a été mise au jour par l'usage constant que j'ai fait de cette échelle pendant cinq années.

La chaleur, communiquée à cet index composé, ne peut jamais avoir dépassé de beaucoup le point de fusion du plomb, ou environ 700° de Fahr. ; néanmoins la sur-

face de l'or a, par degrés, entièrement perdu sa couleur, et a semblé être pénétrée par l'argent, de la même manière que cela aurait été produit par le mercure à une température ordinaire. Cet effet commençait par les arêtes de la languette de métal, puis s'étendait sur toute la surface de l'or, qu'il faisait paraître, au microscope, comme parsemée de tubercules raboteux d'une couleur de plomb. La couleur jaune de l'or, si elle n'était pas entièrement changée, était du moins devenue d'un vert semblable à celui d'un alliage d'or et d'argent. Cette pénétration avait eu lieu dans l'or à une profondeur considérable, et par conséquent l'index était devenu de moins en moins sensible aux changemens de température; mais je dois faire observer qu'à l'extrémité fixe de la tige à laquelle on avait joint une pièce de platine en feuille pour fortifier et porter l'index, la décoloration n'avait point eu lieu, la couverture de platine paraissant abriter l'or contre les vapeurs argentines. Je remarquerai aussi que les deux métaux, avant leur emploi, étaient entièrement purs; qu'ils furent unis sans alliage par la simple superposition d'un lingot d'argent sur un lingot d'or, en les chauffant tous deux jusqu'à ce que le premier commençât à se liquéfier : le lingot composé fut alors laminé.

M. Faraday a fait connaître que le mercure émet une vapeur capable de s'amalgamer avec l'or à de très-basses températures. La circonstance que je viens de décrire, tend à montrer que l'argent produit un effet semblable, même à l'état solide, quand il n'est cependant chauffé qu'à un degré inférieur à celui de la moindre chaleur rouge visible dans l'obscurité. Malheureusement j'ai négligé de prendre note

du poids primitif de la barre, et je suis en conséquence incapable de dire si quelque diminution sensible a eu lieu.

Laissons cette digression.

Dans le Journal de l'Institution royale, xi$^{e}$ vol., M. Daniell a décrit un instrument ingénieux, à l'aide duquel il a mesuré les points de fusion de plusieurs métaux, instrument qui a servi à corriger plusieurs des anomalies de nos catalogues si long-temps respectés. On peut cependant, objecter contre son pyromètre, que le platine a une dilatation moindre que celle de tout autre métal, laquelle dilatation est encore diminuée par celle de l'enveloppe en mine de plomb : en outre, que la plombagine est reconnue être un très-mauvais conducteur du calorique, et qu'elle est sujette à perdre sa forme. Il ne paraît point, d'après le rapport de M. Daniell, qu'il y ait eu une conformité satisfaisante dans le résultat des différens essais, si ce n'est dans les expériences sur le point de fusion de l'argent.

La jalousie des inventions, sentiment du reste louable, règne aujourd'hui avec tant de force chez les savans, qu'il serait dangereux, même dans cette partie reculée du globe, de laisser de côté quelque chose qui ait du rapport avec mon sujet, sous peine d'être soupçonné de plagiat dans ce que je puis offrir ci-après comme venant de moi.

Je citerai donc le docteur Ure qui a fait l'éloge d'un thermomètre à air, construit en platine; mais je n'ai pu savoir si son projet avait jamais été mis à exécution (1). Sir

(1) J'ai découvert depuis que de tels instrumens avaient été mis en vente; mais je n'ai vu aucune table d'expériences faites avec eux.

James Hall a également déclaré avoir trouvé un moyen de mesurer la chaleur des fourneaux, que le monde accueillera sans doute avec la confiance due au génie de cet illustre inventeur.

L'esprit effleure souvent de pareils sujets, sans tourner du côté des applications des idées indigestes et tout-à-fait spéculatives. J'ai pensé quelquefois que la lumière et par conséquent la chaleur d'un feu pouvaient être, d'une manière admirable, mesurées par l'œil, à l'aide de l'interposition d'une série de plaques minces de verre coloré ou de talc, le degré de la chaleur étant indiqué par le nombre de plaques nécessaire pour obscurcir la lumière.

Il serait difficile d'apprécier les objections qu'on pourrait faire à un photomètre de cette espèce, sans des expériences directes, desquelles, sans nul doute, naîtraient d'utiles observations : la chaleur intense du chalumeau à oxihydrogène, le terme de fusion du platine et d'autres métaux réfractaires, pourraient être ainsi grossièrement estimés. Le mica d'un brun noir est tout-à-fait propre à la construction d'un pareil instrument qui pourrait être fait de cent à deux cents feuilles minces fixées sur des châssis de cardeur ; pendant l'observation, l'œil serait protégé contre la lumière extérieure, au moyen d'un tube noirci.

Après divers essais, je me suis enfin arrêté à une disposition qui me paraît préférable aux autres sous le rapport de l'exactitude : elle possède, en outre, le très-grand avantage d'offrir des résultats identiques en tout temps et dans toutes les parties du globe.

Les points de fusion des métaux purs sont déterminés

et invariables; ils comprennent aussi presque toute l'échelle de température ; les métaux non oxydables ou nobles, renferment seuls un grand intervalle depuis le point inférieur de la liquéfaction de l'argent jusqu'au degré élevé de l'ignition du platine. Il est vrai qu'il n'y a que trois points fixes dans cette échelle ; mais on peut établir autant de degrés intermédiaires qu'on voudra, en alliant ces trois métaux ensemble dans différentes proportions. Quand une pareille série a été une fois établie, la chaleur de tout fourneau peut être exprimée par l'alliage le moins fusible qu'elle est capable de liquéfier. Outre l'avantage de l'unité de déterminations que donnerait un tel pyromètre, on peut en énumérer d'autres : le faible volume de l'appareil, puisqu'on n'a besoin que d'une petite coupelle, contenant dans des cases séparées huit ou dix alliages pyrométriques, chacun de la grosseur d'une tête d'épingle : l'indestructibilité des échantillons, puisque, pour rendre propres à de nouveaux essais ceux qui se liquéfieraient dans une expérience, il suffirait de les aplatir sous le marteau ; enfin la facilité de la notation, puisque trois lettres avec les décimales de l'alliage exprimeraient le *maximum* de la chaleur : ainsi pyrom. *A* 0,3 *O* exprimerait un alliage de 0,7 d'argent avec 0,3 d'or, et *O* 0,23 *P* signifierait de l'or contenant 23 pour cent de platine.

Ayant ainsi expliqué les principes du pyromètre que je propose, je vais décrire les circonstances dignes de remarque qui se sont présentées dans la préparation des alliages.

Comme la chaleur qui fond l'or n'est pas beaucoup supérieure à celle qui liquéfie l'argent, je pris seule-

ment 10 degrés entre ces deux points de fusion; je déterminai chacune de ces divisions en augmentant successivement de 10 pour cent la quantité d'or dans chaque nouvel alliage; le 10$^{me}$ degré répondit donc à l'or pur. Ces alliages se font facilement et n'exigent aucune explication : dans des recherches faites avec soin, on peut encore les subdiviser, en se servant toujours de la notation décimale.

Depuis le point de fusion de l'or vierge jusqu'à celui du platine pur, je comptai 100 degrés, ajoutant successivement 1 pour cent de ce dernier métal à l'alliage qui devenait ainsi la mesure d'une nouvelle division. Il est difficile de supposer que la progression de ces degrés hypothétiques représente une augmentation uniforme de chaleur; cependant, comme je l'ai remarqué précédemment, ils indiqueront toujours la même intensité; et, quant à leur valeur absolue, d'un intérêt spéculatif plutôt que pratique, on la découvrira par d'autres expédiens, tels que la dilatation d'une barre de platine, etc., conjointement avec la coupelle pyrométrique. J'indiquerai plus loin comment j'ai mis en pratique ce procédé pour mesurer le point de fusion de l'argent.

Ce fut en 1821 que je fis les vingt premiers alliages d'or et de platine; les métaux étaient à l'état pur, et les proportions furent réglées à moins d'un millième près de l'unité de chaque échantillon, lequel pesait rigoureusement 15 grains troy. Les métaux posés dans une petite coupelle en os calcinés, renfermée dans un creuset d'argile, furent fondus dans une forge puissante. On intercepta l'accès de l'air autant que possible, et quelquefois le métal fut enveloppé de papier pour em-

pêcher la séparation de petites parcelles. Je ne décrirai minutieusement toutes les particularités du procédé de la fusion, que parce que dans la fonte des boutons il s'est offert quelques circonstances inattendues qui jusqu'à présent, je crois, n'ont jamais été observées. En examinant les échantillons à leur sortie du feu, je vis que quelques-uns d'entre eux avaient considérablement gagné en pesanteur ; ceux-ci étaient toujours plus ou moins cassans sous le marteau ; d'autres avaient le même poids qu'auparavant : un petit nombre avaient même perdu légèrement de leur poids ; ces deux sortes d'échantillons, surtout la dernière, se montrèrent tout-à-fait malléables. Ils étaient aussi d'une couleur plus brillante ; et leur surface, assez profondément cristallisée, présentait ces curieuses dentelures réticulaires et à nœuds, si particulières aux alliages de platine.

Je ne puis m'empêcher de faire quelques remarques sur la cause de ce phénomène. On ne connaissait ni à l'or ni au platine la faculté d'absorber, seuls, l'oxigène à de hautes températures ; et néanmoins je ne puis attribuer l'augmentation de poids à une autre cause, puisque, dans beaucoup de cas, le carbone n'était pas présent, et que la coupelle n'offrait aucune trace de son action ; ce n'est que çà et là, quand on s'était servi d'enveloppes de papier, le phosphate de chaux avait pris, sous le bouton métallique, une belle couleur d'un bleu éclatant ressemblant à celle du phosphate de fer. J'eus bientôt l'agréable conviction qu'il n'y avait point eu de carbone absorbé, en faisant dissoudre dans de l'acide nitro-muriatique une portion du métal soupçonné. Je ne pus obtenir des traces de silice, ni d'aucune autre

terre, quoique M. Boussingault ait observé que le platine peut être facilement fondu en le combinant avec la silice; ce qui s'obtient en chauffant le métal dans un creuset garni de charbon de bois; le métal, dans ce cas, devient cassant, et gagne environ 1 p. % en pesanteur; mais la silice se découvre aisément par la gelée qu'elle forme quand on dissout dans l'eau régale; ce qui n'était nullement le cas dans mes expériences. Je suis plutôt porté à croire, quoique, faute d'un examen convenable, je sois incapable de confirmer cette supposition, que l'augmentation de la pesanteur doit être attribuée à l'oxigène, comme M. Lucas a prouvé que cela avait lieu pour l'argent et le cuivre. Mais le premier de ces métaux abandonne, au moment où il devient solide, l'oxigène qu'il avait absorbé dans son état liquide; et le cuivre, tout-à-fait cassant par la présence de l'oxigène (comme on le suppose), peut être rendu à son état de malléabilité par l'opération dont le nom technique est *réduction*; opération faite, en mettant le carbone en contact avec le métal en liquéfaction; tandis que, lorsque je refondais un des alliages de platine dans une enveloppe de peau, il gagnait une augmentation de poids, et devenait plus cassant qu'auparavant. Laissons ce sujet, que j'examinerai une autre fois.

Le tableau suivant expliquera plus complètement l'opération que j'ai indiquée. J'ai poussé la série des alliages jusqu'à 70 p. % de platine; mais cet échantillon et le précédent ne se fondirent pas à la plus forte chaleur de forge. L'alliage *O* o.55 *P* ne fut qu'à demi liquéfié par l'intense chaleur capable de fondre la coupelle en argile de Gualior, dans laquelle il était placé.

## *Alliages de platine et d'or.*

...leau n° 1.

| ...portions de ...or. | ...portions de du platine. | Chaleur employée. | Couleur de l'alliage. | Pesanteur spécifique. | Poids des gr. fondus. | MALLÉABILITÉ. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | Partie la | Orange vif, une nuance plus rouge; tirant sur l'ochre jaune; puis devenant plus pâle; jaune de crême et couleur de bois; acquérant ensuite une teinte pourprée semblable à de l'argent terni, et perdant graduellement la teinte jaune, jusqu'à ce qu'elle ait presque la brillante couleur d'acier du platine. | 19.36 | 1000 | Parfaitement malléable. |
| | 1 | plus chaude | | 18. 4 | 1001.4 | Un peu cassant. |
| | 2 | d'un fourn. | | 19. 0 | 1001 | *Id.* |
| | 3 | d'essais. | | 19. 0 | 1000 | *Id.* |
| | 4 | Id. refondu. | | 19. 8 | 1004 | Pas très-bien fondu. |
| | 5 | Forge. | | 19. 1 | 1008.5 | Cassant. |
| | 6 | » | | 18. 6 | 1001 | *Id.* |
| | 7 | » | | 18. - | 1014.5 | Un peu cassant sur les arètes |
| | 8 | » | | 19. 5 | 1000 | Très-cassant. |
| | 9 | » | | 19. | 1000 | Entièrement malléable. |
| | 10 | » | | 18. 7 | 1005 | *Id.* |
| | 11 | » | | 19. 0 | 1003 | Cassant. |
| | 12 | » | | 19. 4 | 1000 | *Id.* |
| | 13 | » | | 18. 8 | 1013 | Tout-à-fait malléable. |
| | 14 | » | | 18. 6 | 1000 | Très-cassant |
| | 15 | » | | 20. 0 | 1000 | Malléable. |
| | 16 | » | | 19. 1 | 1004 | Entièrement malléable. |
| | 17 | » | | 19. 2 | 1003 | Cassant sur les arètes. |
| | 18 | » | | 20. 5 | 990 ? | *Id.* |
| | 19 | » | | 20. 9 | 996 | Parfaitement malléable. |
| | 20 | Coupel. d'os calcinés. | | 18. 9 | 1000.2 | *Id.* Pas entièrement malléable. |
| | 25 | Fondue. | | 20. 9 | 992 | Malléable. |
| | 30 | » | | 20. 0 | 994 | Pas tout-à-fait malléable. |
| | 35 | » | | 19. 9 | 990 | Parfaitement malléable. |
| | 40 | » | | 19. 0 | 1000.2 | Des crevas. et des souf. aux ar |
| | 45 | » | | 18. 9 | 1000.3 | *Id.* et cassant. |
| | 50 | » | | 20. 0 | 1000 | Un peu cassant. |
| | 55 | ter. de Gual. | | | 1000.3 | Cassant, mais non fondu. |
| | 60 | creus. fond. | | | 991 | Non fondu. |
| | 70 | | | | 1000 | Fils de platine seulement agglu ou soudés ensemble par l'or |

*Nota.* 1°. Les quatre premiers échantillons furent fondus sous une moufle d'essais ; ils furent enveloppés dans du papier, et les coupelles en os calcinés furent toutes tachetées, sous les grains métalliques, d'un beau bleu d'azur. (Peut-être du phosphate de fer.)

2°. Les grains fondus dans une forge, quand on les laissait refroidir graduellement, étaient tous profondément cristallisés ; la couleur des grains cassans était plus terne que celle des grains malléables.

3°. Le n° 7 fut refondu, enveloppé dans de la peau ; il gagna en poids $\frac{6}{10}$mes p. cent, et fut plus cassant qu'auparavant. Ceci est défavorable à l'hypothèse de l'oxigène.

4°. Les pesanteurs spécifiques furent prises après que les échantillons eurent subi plusieurs chaudes ; mais on ne peut pas trop s'y fier, à cause du petit volume des échantillons et des fentes sur leurs arêtes : elles sont cependant la moyenne de deux expériences séparées, faites à des époques éloignées ; elles montrent en général que les grains cassans étaient d'une pesanteur spécifique moindre que celle des grains malléables.

Je vais maintenant rapporter quelques essais faits avec mes alliages pyrométriques dans différens fourneaux et dans différentes parties du même fourneau. La disproportion de chaleur est plus grande qu'on n'aurait pu le supposer ; et si elle dépend autant de la température sous laquelle l'opération est faite, que cela a lieu pour les essais des métaux précieux, il serait utile de connaître toutes les différences qui, sous ce rapport, se présentent en diverses contrées, et leur effet sur la qualité et le titre du lingot.

| | *Maximum* de l'alliage fondu. |
|---|---|
| Moufle d'un fourneau d'essais ; sur le devant. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | *A* 0,0*O*. |
| ——— *idem* ———; au milieu; moyenne. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | *A* 0,3*O*. |
| ——— *idem* ———; sur le derrière ; moyenne. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | *A* 0,5*O*. |

| | *Maximum* de l'alliage fondu. |
|---|---|
| Le charbon de Calcutta est meilleur que celui de Bénarès, et ordinairement il chauffe la moufle à................ | *A* 0,04*P*. |
| Fourneau à fondre l'argent, de Calcutta, mais de construction anglaise (les échantillons étant renfermés dans un creuset en fer)........................ | *O* 0,075*P*. |
| Fourneau ouvert, en usage à Calcutta.. | *O* 0,06*P*. |
| Fourneau à réverbère de Calcutta, pour fondre les échantillons................ | *O* 0,20*P*. |
| Fourneau à sol de mine de plomb, sans cheminée........................ | *O* 0,08*P*. |
| Extrémité de la flamme d'un soufflet à air condensé........................ | *O* 0,20*P*. |
| Point de fusion du cuivre, suivant deux essais sous une moufle............. | *O* 0,03*P*. |
| Fusion de la fonte de fer, environ..... | *O* 0,30*P*. |
| Degré le plus élevé de la chaleur d'une forge chauffée avec du charbon de Bénarès.......................... | *O* 0,55*P*. |

Les exemples ci-dessus suffisent pour montrer l'usage de cet instrument si simple, comme indicateur du calorique. Je n'accorde pas une grande confiance aux points de fusion du cuivre ou du fer, parce que je n'ai point eu l'occasion d'en faire l'essai sur une plus grande échelle. L'instrument est tout-à-fait propre à mesurer la qualité relative de différens combustibles; de la houille, du charbon de bois, du bois, etc.; considération qui n'est pas d'un faible intérêt, dans ce pays surtout où le tissu des bois varie tant. Enfin, je dois faire observer

qu'un peu d'intelligence est nécessaire pour imaginer une boîte capable de contenir et de conserver les échantillons séparés. Les alliages d'or et d'argent perdent de leur poids par une longue exposition à la chaleur ; mais on les remplace néanmoins facilement, et il n'est jamais nécessaire de jeter les petits échantillons, puisque l'or peut toujours être purifié une seconde fois. Les alliages de platine sont très-durables.

---

Ayant expliqué les moyens que j'ai imaginés pour déterminer la chaleur relative des fourneaux, j'arrive à la partie la plus importante de mes expériences pyrométriques : la détermination, à l'aide d'un thermomètre à air, de la température absolue à laquelle l'argent pur entre en fusion. Je laisse de côté plusieurs essais infructueux faits avec des retortes (1) de fonte remplies d'azote pour prévenir l'oxidation, et j'arrive à la description de l'appareil qui remplit enfin mon attente, et me fournit les résultats que je vais actuellement énumérer.

(1) Ces expériences m'apprirent un fait tout-à-fait nouveau pour moi ; savoir, que la fonte acquiert un accroissement continu de volume à chaque nouvelle chaude ; car la capacité cubique de la retorte employée, déterminée par le poids de mercure pur dont on l'avait remplie à la température de 80° Fahr., varia de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| Avant la 1re expérience... | 9,15 pouces cubes. |
| Après le 1er feu.......... | 9,64 |
| Après 3 feux............ | 10,16 |

et l'augmentation, ce qui est plus remarquable, excède la dilatation due à la température à laquelle la cornue avait été

La figure 1 de la planche représente un appareil complet au moment d'une expérience. *A* est une cornue ou panse d'or pur, pesant à peu près 65000 grains troy, et contenant environ 10 pouces cubes d'air.

*B* est un tube, également d'or pur, dont l'une des extrémités est fortement unie, au moyen d'un petit collier en or, à un tube semblable *C* d'argent pur; l'ouverture de ce dernier tube est plus large que celle du tube en or; mais, pour prévenir toute influence fâcheuse de la part de l'échauffement inégal occasioné par l'air renfermé dans les deux tubes, et pour concentrer l'opération tout entière dans la cornue d'or, les deux tubes sont garnis de fils de même métal, de manière à ne laisser qu'un très-petit interstice au passage de l'air. On maintient froide, au moyen d'un linge mouillé, la partie extérieure du tube *C*, pour garantir les robinets et le tube flexible *D*. Le tube *D* complète la communication de la retorte à air avec le réservoir en verre *E*, dont on se sert pour obvier à l'inconvénient d'une grande longueur de tube gradué. Ce réservoir est presque rempli d'huile d'olive; il est muni d'un tube de sûreté et d'une cucurbite *F*, dans laquelle l'huile monte quand l'air de *A* commence à s'échapper; en outre, d'un robinet au-dessous, dans le but de rétablir la pression

---

exposée; car, puisque le fer a une expansion de 0,0105 pour 180° Fahr., l'augmentation de volume sur 10 pouces cubes serait de $0,105 \times 3 = 0,315$ à 1800° Fahr., ou près du point de fusion de l'argent; d'où l'on peut conclure que la dilatation du fer n'est point uniforme, comme l'ont aussi démontré MM. Dulong et Petit.

en retirant une partie de l'huile. Néanmoins, dans le collier du réservoir *E* se trouve l'ouverture d'un autre robinet, communiquant à un tube de verre gradué *G*, rempli d'une petite quantité d'huile. Comme ce tube est divisé très-exactement en deux centièmes de pouce cube et qu'on peut y lire jusqu'à $\frac{1}{10}$ de cette quantité, l'équilibre peut être réglé avec beaucoup de précision.

Le fourneau, comme le montre la figure, était placé, dans une pièce contiguë, de manière à abriter entièrement contre la chaleur l'appareil extérieur. Un petit thermomètre en *F* sert à indiquer la moindre variation de température dans le réservoir.

Il n'est pas nécessaire de donner une description du fourneau et de la moufle, qui sont semblables à ceux qu'on emploie dans les essais. *p*, *p*, *p* sont de petites coupelles pyrométriques, contenant des alliages d'or et d'argent, comme je l'ai indiqué dans la première partie de ce Mémoire.

La figure 2 représente une de ces coupelles sans couvercle; on aperçoit trois des alliages fondus, et les autres conservant leur forme.

On parvint à rendre chaque partie de l'instrument impénétrable à l'air. Les douze premières expériences furent rejetées à cause d'un petit coulage auquel on remédia à la fin entièrement; plusieurs autres furent également mises de côté, parce qu'on soupçonna que l'air dans la cornue n'était pas entièrement privé d'humidité; ce but désiré fut enfin considéré comme atteint, lorsqu'on eut fréquemment rempli la retorte d'air renouvelé au moyen d'un gazomètre mercuriel, dans lequel cet air avait été

exposé pendant des jours et même des semaines à l'action desséchante de l'acide sulfurique concentré.

La température absolue, comme il est évident d'après la construction de l'instrument, doit être déduite de la mesure du volume d'air chassé de la retorte d'or échauffée ; lequel volume peut encore être trouvé par le poids de l'huile sortie du réservoir pendant l'ajustement de la colonne d'huile dans le tube de verre gradué. Le calcul nécessaire embrasse cependant diverses corrections : quelques-unes d'entre elles d'un petit effet et d'une influence connue et certaine, comme les formules pour les variations barométriques et thermométriques, la pesanteur spécifique de l'huile, etc.; d'autres qui affectent considérablement les résultats et dont les valeurs ne sont en aucune manière aussi sûres; telles sont la dilatation de l'or à hautes températures, et la loi absolue de l'expansion gazeuse. L'accord parfait de MM. Gay-Lussac et Dalton dans l'expression de l'expansion des gaz entre les points de congélation et d'ébullition de l'eau (0,375 et 0,376 pour 180° Fahr.), permet, à la vérité bien peu d'hésitation dans l'adoption de 0,375 pour 180°; mais comme les tables de la dilatation des métaux ne donnent celle de l'or que jusqu'au degré de l'eau bouillante, je puis me tromper en adoptant une loi proportionnelle d'augmentation pour une plus grande chaleur. C'est donc autant pour précautionner le lecteur concernant les changemens que pourraient par la suite amener sur ces points-ci d'autres expériences, que par un ardent désir de ne point cacher quelque chose qui pourrait affecter mes conclusions générales, que je me hasarde à importuner la Société du détail des données

d'après lesquelles les différens calculs sont faits. De cette manière, les tables suivantes s'expliqueront aussi d'elles-mêmes.

PREMIÈRE SÉRIE.

1°. Les tubes d'or et d'argent non garnis de fils de métal.

2°. La capacité ou le volume intérieur de la cornue et du tube en or, a été trouvée égale à 9,989 pouces cubes, à raison de 252,397 grains d'eau pure pour un pouce cube à 80° Fahr.; mais comme la moindre expansion de la portion d'air renfermé dans le tube en or, due à ce qu'il n'avait pas été chauffé au même degré que la cornue, était plus que balancée par le plus d'expansion de l'air dans le tube d'argent, le volume est estimé à 10 pouces cubes.

3°. On a trouvé que la pesanteur sphérique de l'huile était de 0,91 à 80° de Fahr.

(Toutes les températures, dans le cours de ce Mémoire, sont exprimées en degrés du thermomètre de Fahrenheit, à moins que le contraire ne soit explicitement indiqué.)

'rie. N° 1.

| Huile | Baromètre avant. | Baromètre après. | Thermom. avant. | Thermom. après. | Ajustement de l'index. | Nos des expériences. | Notes prises au moment des expériences. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| vy. | po. | | deg. | deg. | pou. cub. | | |
| j.1 | 29.55 | 0.48 | 90. | 97. | +0.005 | 1 | Fourneau à moufle carré et petit. Argent non fondu. |
| 6.0 | 29.40 | 0.40 | 95. | 93.6 | +0.028 | 2 | *Id.*; à peu près la même chaleur, peut-être un peu plus grande. Argent non fondu. |
| 1.0 | 29.36 | 0.35 | 94.5 | 100.5 | −0.043 | 3 | Fourneau à sole de mine de plomb, avec moufle; chaleur rouge-vif ou orange. Argent nullement attaqué. |
| 7.5 | 29,43 | 0.40 | 93.3 | 94.5 | +0.010 | 4 | *Id.*; ne peut donner une chaleur suffisante pour fondre l'argent renfermé dans une grande moufle. |
| 6.2 | 29.46 | 0.43 | 87. | 87. | −0.011 | 5 | Même fourneau, avec une moufle plus petite. Un fil d'argent fixé sur la cornue, simplement fondu. |
| 3.5 | 29.31 | 0.33 | 91. | 94.8 | −0.023 | 6 | Même fourneau, pas le *max.* de chaleur. (Plusieurs expériences subséquentes furent rendues imparfaites par une petite fissure à l'endroit où les tubes d'or et d'argent étaient réunis: on remédia à cet inconvénient par une soudure.) |
| 0.0 | 29.315 | 0.31 | 94.2 | 96. | +0.025 | 7 | Grand fourneau d'essais. Chaleur *A* 0,4 *O*. (La fissure fit manquer les expériences suivantes, et il devint nécessaire de couper et de remplacer le bout du tube d'or. La capacité était alors 10,062, ou, en retranchant quelque chose pour la portion moins influencée par la chaleur, 10,03.) |
| 4.0 | 29.36 | 0.43 | 90. | 90. | +0.040 | 8 | Grand fourneau d'essais; chaleur orange-vif; l'expansion continuait: doute s'il n'y avait pas de l'humidité. |
| 3.5 | 29.29 | 0.29 | 84.1 | 86. | +0.055 | 9 | Dans l'eau bouillante. |
| 9.5 | 29.275 | 0.27 | 86.5 | 84.5 | +0.062 | 10 | Grand fourneau. Chaleur de pleine fusion. |

DEUXIÈME SÉRIE.

1°. Le tub d'argent était alors garni d'un fil dont le volume était 0,611 pouc. L'extrémité de ce fil, entrant un peu dans le tube d'or, le diminuait d'environ 0,03 pouc.

2°. Le volume du tube d'or, étant de 0,415 pouc., demande, alors qu'il n'y a pas le contre-poids de l'effet produit par l'air du tube d'argent, qu'on introduise une correction, puisqu'il n'a point partagé la grande chaleur de la cornue dans le fourneau. J'ai donc, d'après mes expériences, estimé cette correction en divisant le tube en quatre compartimens :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Le premier contenant | 0.185 ; chauffé à | 1200°, donne en dilatation | 0.647 ; |
| Le deuxième | 0.120 | 1120 | 0.394 ; |
| Le troisième | 0.080 | 1000 | 0.246 ; |
| Le quatrième | 0.030 | 900 | 0.086. |
| | | Total... | 1,373. |

0.415 chauffés ensemble à 1600°, donneraient 1.785.
La quantité d'air froid chassé du tube proportiont. à 1.785, est 0.319;
et pour 1.373 0.290;
donnant une différence de 0.029,

qu'on doit déduire du gaz restant à chaque expérience, ou qui (cela revient au même) peut être retranchée de la capacité de la cornue et du tube tout ensemble; 10,062 — 0,03 — 0,029 = 10,003 ; en conséquence, 10,000 peut être en toute sûreté regardé comme le volume d'air pendant cette série-ci.

3°. La pesanteur spécifique, au commencement et à la fin de ces expériences, était :

le 24 sept. à 88°...0,911 ; le 11 juill. à 82°...0,9125,

et la dernière estimation est employée pour la température de 80°, à laquelle, dans la série suivante, le poids de l'huile expulsée est toujours réduit.

Série. N° 2.



| Huile | Baromètre avant. | Baromètre après. | Thermomètre avant. | Thermomètre après. | Ajustement de l'index. | Nos des expériences. | Notes prises lors des expériences. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| troy. | po. déc | déc. | deg. | deg. | pou. cub. | | |
| 9. | 29.25 | 0.35 | 83.3 | 89. | +0.012 | 11 | Grand fourneau toujours employé. Chaleur blanche. Appareil placé la veille dans la moufle froide. |
| 0. | 29.25 | 0.35 | 83.8 | 87. | ....... | 12 | Même essai; au rouge-cerise. |
| 8.2 | 29.28 | 0.38 | 91. | 89.7 | —0.030 | 13 | Huile laissée dans le tube de sûreté, sous une pression de 3 pouces pendant la nuit, de sorte qu'elle peut bien avoir absorbé une petite portion d'air. |
| 5. | 29 38 | 0.375 | 89.8 | 92.5 | +0.068 | 14 | Bonne expérience. En se refroidissant, l'index revint presque exactement au point où il était d'abord. |
| 1. | 29.28 | 0.39 | 90. | 89.9 | +0 033 | 15 | Nouvel air du gazomètre. Forte chaleur. |
| [illegible] | 29.37 | 0.37 | 90. | 91. | —0.021 | 16 | Dans l'eau bouillante; tout le tube submergé. |
| 8.7 | 29.32 | 0.34 | 88.5 | 88. | +0.035 | 17 | Forte chaleur; alors l'instrument fut placé brusquement dans la moufle chauffée au degré convenable. |
| 9.6 | 29.27 | 0.282 | 91. | 88.2 | +0.005 | 18 | Feu modéré. |
| 6.2 | 29.28 | 0.27 | 91.8 | 91.9 | +0.018 | 19 | Second feu; un peu plus vif que le dernier. |
| 1.9 | 29.28 | 0.32 | 88.2 | 90.9 | —0.060 | 20 | |
| 4. | 29.24 | 0.27 | 85.4 | 88.2 | —0.012 | 21 | |
| 6.2 | 29.29 | 0.285 | 85.7 | 88.8 | +0.019 | 22 | Forte chaleur. |
| 3.4 | 29.26 | 0.28 | 83.8 | 83.9 | +0.069 | 23 | Avant cette expérience, la cornue d'or avait été par inadvertance remplie de l'air humide de l'appartement. Hygr. 91°. |
| 7.2 | 29.29 | 0.27 | 86.6 | 91. | +0.033 | 24 | Air sec du gazomètre; chaleur faible. |
| 3.4 | 29.20 | 0.21 | 82.9 | 83.6 | 0.000 | 25 | Chaleur qui fondait l'argent. |
| 6.7 | 29.436 | 0.442 | 82. | 85. | +0.025 | 26 | Grande chaleur. |
| 5.7 | 29.405 | 0.43 | 83.7 | 86.5 | +0.010 | 27 | Argent non fondu, à côté de la cornue. |
| 0. | 29.41 | 0.44 | 83. | 85.5 | —0.008 | 28 | Feu plus vif. |
| 3.3 | 29.45 | 0.455 | 83. | 84.3 | +0.028 | 29 | *Idem.* |
| 1.6 | 29.475 | 0.474 | 89. | 91.4 | 0.000 | 30 | Largement le point de fusion de l'argent. Air nouveau du gazomètre. |

Quoique les séries d'expériences qui précèdent présentassent autant d'uniformité qu'on pouvait raisonnablement en attendre dans une matière si sujette à des irrégularités inévitables, je sentis encore le désir de me débarrasser de la petite correction admise pour la chaleur imparfaite du tube. Dans cette vue, je rouvris les tubes, et j'y adaptai cet épais fil d'or dont j'ai parlé dans une circonstance précédente. La capacité intérieure fut alors réduite à 9,7615 pouces cubes; et, d'après l'expérience dans l'eau bouillante, cette capacité paraît être très-exacte.

TROISIÈME SÉRIE.

| Dates | Huile expulsée. | Baromètre | | Thermomètre | | Ajustement de l'index. | Nos des expériences. | Notes prises lors des expérienc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | avant. | après. | avant. | après. | | | |
| | gr troy. | po. cub. | déc. | deg. | deg. | pou. cub. | | |
| Août 17 | 455 9 | 29.40 | 0.402 | 87.8 | 87.5 | 0.000 | 31 | Dans l'eau bouillante. Ins ment en très-bon état. |
| 18 | 1736.3 | 29.43 | 0.451 | 84.3 | 85.1 | +0.025 | 32 | Grand fourneau, un peu chaud que pour la fusio l'argent. |
| 20 | 1735.6 | 29.472 | 0.480 | 83. | 86.1 | +0.051 | 33 | Une petite partie d'air at sphérique avait été join l'air du réservoir à l Bonne expérience. |
| 21 | 1786.8 | 29 486 | 0.500 | 81.9 | 86. | —0.170 | 34 | Pleine chaleur de moufle. |
| 23 | 1695.5 | 29.43 | 0.44 | 82 | 86.3 | —0.012 | 35 | Petit fourneau; chaleur ora vif : argent non fondu. |
| 25 | ...... | ...... | ..... | .... | .... | ...... | 36 | Le cul de la cornue d'or f à la température d'env $A$o 90; une petite part soudure d'argent avait ét pliquée à la portion de nue qui ne résista pas. |

Après cet accident, j'essayai de mettre la cornue encore en état de servir, en y ajoutant un nouveau cul avec aussi peu de soudure que possible. En effectuant ce

raccommodage, j'avais raison de craindre qu'une petite quantité de borax ne se fût introduite dans l'intérieur de l'instrument, et ne nuisît aux expériences subséquentes. Comme un accident arrive rarement seul, je fus aussi tourmenté par quelques gouttes d'huile qui, des tubes, avaient pénétré dans la cornue; converties sur-le-champ en gaz permanent, elles avaient produit un excès dans la quantité d'huile chassée du réservoir. Dans quatre expériences, l'excès fut d'environ 150 grains, et lors du refroidissement, la cause en fut évidente; mais j'eus de la peine à estimer l'exacte quantité du nouveau gaz engendré.

La capacité de la cornue réparée était 7,666.

## QUATRIÈME SÉRIE.

| …es. | Huile expulsée. | Baromètre avant. | Baromètre après. | Thermomètre avant. | Thermomètre après. | Ajustement de l'index. | Nos des expériences. | Notes prises lors des expér… |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. troy. | po. déc. | dec. | deg. | deg. | pou. cub. | | |
| 6 | 1841.1 | 29.575 | 0.580 | 86.3 | 88.7 | —0.002 | 37 | Forte chaleur. |
| 7 | 1813.5 | 29 55 | 0.56 | 86.9 | 91.1 | +0.035 | 38 | Modérée et régulièr… |
| 7 | 1923.3 | 29.592 | 0.58 | 91. | 94.8 | +0.072 | 39 | Très-forte chaleur. dure au cul de l… avait évidemment mais il ne s'ensuivi… perte. |
| 8 | 1848.4 | 29.54 | 0.54 | 88. | 91.6 | +0.028 | 40 | Feu régulier. |
| 9 | 1842.7 | 29.58 | 0.59 | 87. | 89.7 | +0.037 | 41 | Au-dessous de la ch… dinaire. |
| 11 | 1900.8 | 29.49 | 0.49 | 87. | 91. | +0.040 | 42 | Feu vif; peut-être engendré. |
| 13 | 1867.8 | 29.38 | 0.398 | 87. | 88.5 | 0.000 | 43 | La soudure s'était … fondue. Point de … |
| 14 | 1859.5 | 29.47 | 0.47 | 88.2 | 91.1 | +0.015 | 44 | Bonne expérience. |
| 14 | 1852.5 | 29.48 | 0.48 | 89.2 | 92.9 | +0.065 | 45 | Air nouveau du ga… Point de coulage peu vif. |
| 17 | 859.2 | 29.41 | 0.40 | 87. | 89. | +0.024? | 46 | Dans l'eau bouillant… anomalie extraord… raît avoir été o… par une infiltratio… peur aqueuse exce… minime, au traver… veau joint; mais, minant avec une air condensé, on cune fuite. Plus restait dans l'eau, abondait; et quan… ment était de nou… mis au fourneau, l… pulsée montait se… 1200 ou 1300 grai… de l'existence d'u… imperceptible à … température. Tou… fut close par ce… rience. |

Il reste maintenant à convertir les données présentées dans la table précédente en degrés du thermomètre ordinaire. Un seul exemple suffira pour expliquer la marche de ce calcul simple, quoique un peu long, et la table n° 2 qui suit, exposera les données fondamentales d'où sont déduits les résultats de chaque expérience.

Une ou deux corrections, pour la dilatation du réservoir en verre, et pour la faible quantité d'air contenue dans la partie extérieure de l'appareil, sont omises dans le calcul, comme difficilement appréciables : la température en *F* (*voy.* la fig.) peut n'avoir pas été toujours donnée avec exactitude, le thermomètre étant forcément suspendu en *F*. Nulle erreur due à cette cause ne pourrait excéder un degré, puisque la cloison annulait l'influence du fourneau, ou la distribuait d'une manière égale sur tous les objets liés au dehors avec l'appareil.





TABLE II.

| Nº de l'expérience. | Volum. d'air chaufé après les correct. | Dimensions de la cornue d'or échauffée. | Expansion convertie en degrés à 0.375 p. 180°. | Température de l'air. | Chaleur du fourneau. | Chaleur par les coupelles pyrométriques. | REMARQUES. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pou. c. | pou.cub. | degrés. | deg. | deg. | | |
| 1 | 7.472 | 10.410 | 1492 | 90 | 1582 | nulle. | Chaleur orange. |
| 2 | 7.559 | 10.430 | 1578 | 95 | 1673 | nulle. | Orange vif. |
| 3 | 7.106 | 10.370 | 1239 | 95 | 1334 | nulle. | Chaleur rouge vif, presque orang |
| 4 | 7.643 | 10.442 | 1644 | 94 | 1738 | nulle. | Orange vif; ne fondant pas en l'argent. |
| 5 | 7.775 | 10.465 | 1771 | 90 | 1861 | A | Fils d'argent fondus. |
| 6 | 7.620 | 10.440 | 1627 | 91 | 1718 | A | Peut-être un peu moins. |
| 7 | 7.901 | 10.480 | 1917 | 94 | 2011 | Ao,4*O* | |
| 8 | 7.978 | 10.470 | 2011 | 90 | 2101 | nulle ? | Air humide. } (Ces trois rejetée |
| 9 | 2.300 | 10.032 | 144 | 84 | 228 | . . . | Id. |
| 10 | 8.057 | 10.499 | 2112 | 86 | 2198 | Ao,2*O* | Id. |
| 11 | 7.717 | 10.460 | 1727 | 81 | 1811 | A | |
| 12 | 6.876 | 10.350 | 1110 | 84 | 1194 | . . . | Chaleur entièrement rouge. |
| 13 | 7.566 | 10.430 | 1579 | 91 | 1670 | Ao,1*O* | Rejetée. — De l'air s'échappa pendant la nuit. |
| 14 | 7.859 | 10.475 | 1863 | 90 | 1953 | Ao,2*O*? | Coupelle pyrométrique non e mais indiquée par aperçu. |
| 15 | 7.851 | 10.475 | 1863 | 90 | 1953 | Ao,3*O* | Air nouveau. |
| 16 | 2.100 | 10.030 | 128 | 88 | 216 | . . . | Doute sur la cause à laquelle l'e être attribué. |
| 17 | 7.911 | 10.480 | 1930 | 88 | 2018 | Ao,2*O*? | |
| 18 | 7.915 | 10.480 | 1934 | 90 | 2024 | Ao,2*O* | Coupelle pyrométrique au cul de l Ao,3*O*. |
| 19 | 7.830 | 10.470 | 1835 | 92 | 1927 | Ao,1*O*? | |
| 20 | 7.810 | 10.470 | 1812 | 88 | 1900 | Ao,1*O*? | |
| 21 | 7.836 | 10.470 | 1845 | 85 | 1930 | Ao,1*O* | |
| 22 | 7.936 | 10.490 | 1959 | 86 | 2045 | Ao,3*O* | Pyromètre; sur le derrière Ao,4 devant Ao,2*O*. |
| 23 | 8.094 | 10.500 | 2166 | 84 | 2250 | Ao,2*O* | Air humide rejeté. |
| 24 | 7.712 | 10.460 | 1713 | 87 | 1800 | A | Air sec. — Feu sans force. |
| 25 | 7.864 | 10.475 | 1875 | 83 | 1958 | A | Derrière, Ao,15*O*. |
| 26 | 7.838 | 10.470 | 1792 | 82 | 1874 | Ao,1*O* | |
| 27 | 7.769 | 10.465 | 1773 | 84 | 1857 | A | Rarement aussi haut. |
| 28 | 7.863 | 10.475 | 1875 | 83 | 1958 | Ao,2*O* | |
| 29 | 7.923 | 10.490 | 1945 | 83 | 2028 | Ao,2*O* | |
| 30 | 7.866 | 10.475 | 1877 | 89 | 1966 | Ao,1*O* | |

[redacted]



le la Table II.

| Volum. d'air chassé | Dimensions de la cornue d'or échauffée. | Expansion convertie en degrés à 0,375 p. 1800. | Température de l'air. | Chaleur du fourneau. | Chaleur par les coupelles pyrométriques. | REMARQUES. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| cub. | pou.cub. | degrés. | deg. | deg. | | Toute la cornue et le tube plongés dans l'eau bouillante |
| 979 | 9.792 | 124.3 | 87,7 | 212 | . . . . | Peut-être ces trois-ci sont-elles toutes ur peu trop faibles ; car la partie de la cornue près du tube doit avoir été moins chauffée que le reste, et l'on n'a fai aucune correction ; la différence cependant doit être très-petite. |
| 518 | 10.190 | 1701 | 88 | 1789 | A | |
| 538 | 10.190 | 1721 | 86 | 1807 | A | |
| 524 | 10.190 | 1708 | 86 | 1791 | nulle. | |
| 819 | 10.121 | 2015 | 89 | 2104 | A | L'incertitude qui règne dans cette séri d'expériences doit faire rejeter les températures qui en résultent. |
| 360 | 10.172 | 2993 | 95 | 3088 | A | Dans les nos 39 et 42, il se forma évidemmen du gaz ; et, en brisant l'instrument, o trouva l'intérieur des tubes couver d'huile et de borax vitrifié. |
| 989 | 10.150 | 2261 | 91 | 2352 | A | |
| 993 | 10.150 | 2268 | 90 | 2358 | A | |
| 218 | 10.170 | 2674 | 91 | 2765 | A 0,40 | |
| 088 | 10.158 | 2426 | 88 | 2514 | A 0,70 | |
| 037 | 10.154 | 2339 | 88 | 2427 | A 0,20 | |
| .042 | 10.156 | 2348 | 89 | 2437 | A 0,250 | |

Les résultats moyens peuvent être ainsi exprimés :

| | | |
|---|---|---|
| Chaleur toute rouge. | 1200 Fah. = 649° cent. | |
| *Idem* orange. . . . . . | 1650 Fah. = 899° cent. | |
| Fusion de l'argent. . ou 999° cent. | 1830 F. | Daniell, 2233°. Wedgwood, 4717°. |
| Argent avec $\frac{1}{10}$ d'or. | 1920 Fah. = 1048° cent. | |
| Argent avec $\frac{1}{4}$ d'or. . | 2050 Fah. = 1121° cent. | |

## Exemple d'un calcul de température tiré de la Table I.

27 juillet 1826. — 21$^e$ Expérience.

Poids de l'huile à la température de 80°, 1814.0 grains. log. 3.2586373

Correct. p$^r$ le barom. {29°.24 / 29 .27} différence des logarithmes · +0.0004453

Correct. p$^r$ le therm. {85 . 4 / 88 . 2} log. vol. air 0.9763879 / ———— 0.9737043 } diff. —0.0026836

Constante pour la pesanteur spécifique de l'huile ······ 0.9125 ·········· 1.9602329 }
Constante nombre de grains d'eau par pou. cub 252.397 ·········· 2.4020842 } ·· — 2.3623171

*Résultats.* Vol. exact d'air expulsé à 85°4=7.8358 pouc. cub. 0.8940819

Volume de la cornue ····· 10.0000

Résidus gazeux dans la cornue chauffée · 2.1642 0.3352974

Correction pour la variation de préssion barométrique ·· — 0.0004453

Résidus gazeux exacts ················ 2.1620 0.3348521

Expansion de l'or à 1950° sur 10 pou. cub.=0.470 1.0199467

1.

Donc comme 2.1620 : 10.47 :: 10: } au vol. des gaz, si tous étaient chauffés } =48.428 1.6850946

à déduire — 10.000

*Résultats.* Quantité de l'expansion en pou. cube ············· 38.428 1.5846478

Constante pour l'expansion gazeuse 0.375 ····· 1.5740313 }
Constante pour 180° de Fahr. 2.2552725 } +1.6812412

1844.6 3.2658890
\+ 85.4

Température du fourneau en degrés de Fahr ··················· 1930.0°.

Ici, je termine le détail de mes expériences ; je les crois assez dignes de confiance pour garantir l'exactitude d'une réduction, dans les tables, du point de fusion

de l'argent pur, d'au moins 400 deg. Fahr. au-dessous de l'indication de M. Daniell ; quoiqu'elles montrent d'une manière incontestable la supériorité de la table thermométrique de ce savant sur celle de M. Wedgwood.

Qu'on ne puisse attendre du thermomètre à air des indications parfaitement concordantes, c'est ce que reconnaissent facilement tous ceux qui ont observé attentivement le manomètre à haute pression du sympiézomètre. A de hautes températures, une très-petite différence dans la quantité d'air expulsé produit un changement considérable dans la chaleur correspondante ; et le thermomètre à air a le désavantage de devenir moins sensible à chaque accroissement de chaleur : car la portion qui est expulsée du réservoir échauffé doit nécessairement être refroidie jusqu'à un point connu avant de pouvoir être mesurée. La substitution d'un réservoir d'huile ou de mercure à un simple tube gradué, est essentielle lorsque l'instrument doit être mis brusquement dans le feu, puisque le mouvement rapide d'une colonne de liquide dans un tube l'en ferait sortir, en laissant l'intérieur tapissé d'une espèce de pellicule muqueuse si la colonne était d'huile, ou, si la colonne était de mercure, y frayerait un passage à l'air. Le réservoir que j'ai employé était égal à un tube de 50 pieds de long, et de même calibre que le tube *G*.

Pour obvier à l'incertitude de l'augmentation de la cornue *A*, j'ai construit un appareil pour soumettre la dilatation de l'or et des autres métaux à une mesure exacte; mais, comme je n'ai pas encore terminé mes expériences, j'en ferai l'objet d'un autre Mémoire.

# Du *Pyrophosphate de soude; sel d'une nouvelle espèce, formé par l'action de la chaleur sur le phosphate de soude.*

Par Mr Th. Clark.

(*Edimburgh Journal of science*, n° 14.)

Le phosphate d'argent est, d'après MM. Thomson et Berzelius, un sel insoluble et jaune, produit en mêlant les solutions aqueuses de phosphate de soude et de nitrate d'argent. Il est très-bien connu que ces deux chimistes distingués diffèrent beaucoup d'opinion sur la composition des phosphates en général; mais, quant au phosphate jaune d'argent, ils ont donné tous les deux des analyses qui sont presque conformes. J'ai donc pensé qu'il serait possible de décider le point en litige, en partant de celui sur lequel les parties sont d'accord, en trouvant la proportion des sels nécessaires pour se décomposer réciproquement, et celle du précipité obtenu, et en faisant quelques expériences nouvelles.

Ayant, dans cette intention, commencé une série d'expériences, je parvins bientôt à un phénomène inattendu, et je me trouvai engagé dans de nouvelles recherches dont je crois le résultat d'assez grande importance pour le mettre sans délai sous les yeux des chimistes. En mêlant les solutions de nitrate d'argent et de phosphate de soude, je ne fus pas peu surpris d'obtenir un précipité blanc au lieu d'un précipité jaune; quoique MM. Thomson et Berzelius disent avec certi-

tude avoir obtenu un précipité jaune, et que moi-même je l'eusse toujours obtenu de cette couleur. La question fut de savoir par quelle raison le précipité était blanc au lieu d'être jaune.

Comme j'avais pris des soins infinis pour purifier le phosphate de soude par des cristallisations répétées, ma conjecture naturelle fut de penser que ce sel, dans son état ordinaire, contient quelque impureté qui occasionne la couleur jaune. Pour prouver la vérité de cette conjecture, je fis tomber quelques gouttes d'une solution de phosphate de soude du commerce dans celle de nitrate d'argent; le précipité fut jaune. Mais lorsque, pour faire la contre-épreuve, je fis tomber quelques gouttes d'une solution de phosphate purifié dans le nitrate d'argent, j'obtins aussi, à ma surprise, un précipité jaune. Les mêmes résultats eurent lieu en faisant tomber quelques gouttes du nitrate d'argent dans les dissolutions de phosphate de soude pur, ou de celui du commerce.

Telles furent les expériences qui m'indiquèrent la circonstance qui pouvait produire un précipité blanc. Pour éviter toute incertitude dans mes expériences, quant à la quantité de phosphate sec, je m'étais servi d'un phosphate de soude séché à une chaleur rouge; c'était la solution de ce dernier sel qui avait produit le précipité blanc; tandis que c'était une solution de phosphate cristallisé qui avait produit le précipité jaune. Pour être bien sûr que c'était la chaleur qui avait produit ce changement, je partageai un cristal de phosphate purifié en deux parties : l'une fut dissoute dans l'eau; l'autre, d'abord séchée, fut chauffée à une chaleur rouge, et ensuite dissoute dans l'eau. Lorsque les

dissolutions furent mêlées au nitrate d'argent, celle qui contenait le cristal non desséché produisit un précipité jaune, et celle qui contenait le cristal séché produisit un précipité blanc. Quoique le cristal de phosphate eût été purifié, cette purification n'est pas nécessaire pour le succès de l'expérience. Le phosphate du commerce donne le même résultat, de sorte que chacun peut vérifier cet effet curieux, et jusqu'ici inaperçu que produit la chaleur.

Il fut évident que, si la couleur jaune était produite par une impureté, celle-ci devait être de nature à pouvoir être chassée par la chaleur. J'avais donc résolu de soumettre le phosphate de soude à une chaleur rouge, et de faire passer les vapeurs qui pourraient en provenir par une solution de nitrate d'argent, lorsque je remarquai une nouvelle circonstance, qui prouva que le changement provenait de quelque chose de plus que de la présence d'une légère impureté.

Si on ajoute à une solution de phosphate de soude non séché, une solution de nitrate d'argent aussi longtemps qu'il se produit un précipité, on obtient un liquide qui a une action acide sur les couleurs végétales; mais si on essaie la même expérience avec du phosphate séché, qui donne un précipité blanc, on obtient un liquide dont l'action est neutre. La raison pourquoi le précipité jaune laisse surnager un liquide acide, est que le phosphate d'argent contient plus d'oxide que celui de soude (d'après M. Thomson, un septième, et d'après M. Berzelius, une moitié de plus). Quand cet excès de base abandonne les dissolutions qui sont neutres, elles doivent devenir acides; mais le précipité blanc, qui laisse

une liqueur neutre, doit ou contenir une moindre quantité d'argent, ou provenir d'un phosphate de soude qui contenait moins de soude. En tout cas, le sel qui produit le précipité blanc avec le nitrate d'argent ne pouvait être le même que celui qui produit le précipité jaune. Je crus donc qu'une chaleur rouge avait produit une altération dans les parties constituantes du phosphate de soude.

Pour trouver une preuve plus évidente de cette altération, je fis l'essai de sécher et chauffer au rouge environ une livre de phosphate de soude. La chaleur ne fut pas assez grande pour faire couler le sel; quoique plus tard dans mes expériences ultérieures, la chaleur fût poussée ordinairement jusqu'au point de fusion : ce sel, qui avait été séché et chauffé au rouge, fut dissous dans l'eau, concentré et abandonné à la cristallisation. J'obtins ainsi un groupe abondant de cristaux évidemment différens dans leur forme du phosphate de soude ordinaire. Je m'abstiens cependant de donner une description de leur forme, parce qu'elle a été entreprise par M. Haidinger, qui mérite particulièrement la reconnaissance des savans de ce pays, pour s'être dévoué à la cristallographie, dans un temps où cette science est neuve pour les efforts du génie, et destinée, par des succès, à prendre une place élevée dans le rang des autres sciences. Les cristaux furent de nouveau dissous dans l'eau, et produisirent un précipité blanc par le nitrate d'argent. Ils n'étaient pas, à beaucoup près, aussi solubles dans l'eau que le phosphate ordinaire; ils ne contenaient que les deux tiers de l'eau de cristallisation des cristaux ordinaires; ils ne devinrent pas troubles à leur

surface par leur exposition à l'air, comme le phosphate ordinaire; ils avaient une action alcaline sur les couleurs végétales, qui se manifestait au goût, mais ils ne produisaient pas de froid sur la langue. Les eaux-mères de ces cristaux furent évaporées et cristallisées jusqu'à ce que toute la liqueur fût convertie en cristaux. Dans tous ceux-ci, je ne pus découvrir aucun cristal du phosphate commun, et le dernier groupe de cristaux contient seulement quelques autres sels de soude, comme si la cristallisation avait eu lieu sans calcination préalable.

Il fut évident que, par la seule exposition à une chaleur rouge, il s'était formé un nouveau sel. J'appellerai provisoirement ce sel *pyrophosphate* de soude; il sera peut-être bon de conserver ce nom jusqu'à ce que tous les doutes sur la vraie composition de ce sel soient dissipés.

La question était actuellement de savoir si le phosphate de soude perdait ou acquérait quelque partie constituante en devenant pyrophosphate? Je fus dirigé dans la suite de mes recherches par une remarque dont je n'ai pas encore parlé.

J'avais bientôt trouvé que le phosphate de soude pouvait supporter une grande chaleur sans être converti en pyrophosphate. La température du bain de sable que j'avais employé était à peu près celle de la fusion du plomb, ou de la volatilisation du mercure; et cependant le phosphate, séché à cette chaleur, produisit toujours un précipité jaune. Pour cette raison, je me proposai de voir d'abord quelle quantité d'eau était chassée par cette chaleur, et ensuite quelle serait la diminution de poids en chauffant jusqu'à une chaleur rouge.

avoir, autant que possible, des résultats uni-
, je choisis des cristaux bien formés, entiers et
e sel, après avoir perdu son eau de cristallisa-
la chaleur du bain de sable, perdit régulière-
son poids par la chaleur rouge. Voici le résul-
ois expériences, en prenant 1 pour le poids des

| lue par le bain | 1 | 2 | 3 | moyenne. |
|---|---|---|---|---|
| e........... | 0.6168 | 0.6170 | 0.6164 | 0.6167 |
| par la chaleur ............ | 0.0250 | 0.0247 | 0.0247 | 0.0248 |
| le desséché ob- ............ | 0.3582 | 0.3583 | 0.3589 | 0.3585. |

ces expériences, le phosphate produisit régu-
nt un précipité jaune après la chaleur du bain
, et un précipité blanc après la chaleur rouge.
onc reconnu qu'en devenant pyrophosphate, le
ite de soude perd de son poids. Quelle est la ma-
i est perdue?

déterminer ce point important, j'ai séché une
de phosphate à la chaleur la plus élevée du bain
; il précipitait encore en jaune le nitrate d'ar-
introduisis 23,45 grains de ce sel dans une cor-
verre que j'exposai à la chaleur d'une lampe à
e-vin, qui fut assez forte pour fondre le verre.
ais avec grande attention un produit gazeux;
la fin de l'expérience, je n'aperçus sous le réci-
l'une augmentation de 0,1 de pouce, probable-
'air atmosphérique; quantité si petite, que je

[redacted]



crus pouvoir l'attribuer à une origine accidentelle (1) et ne pas devoir m'en occuper. Mais j'obtins un autre produit qui ne devait pas être attendu d'après le changement d'état qu'éprouvait le phosphate. Dans le petit tube s'amassèrent de petites gouttes d'un liquide, qui, après avoir été examiné, fut reconnu pour n'être autre chose que de l'eau ; elle avait un léger goût de brûlé, mais n'avait aucune action sur les couleurs végétales. Le sel qui, avant d'être calciné, donnait un précipité jaune, en donna un blanc maintenant ; et une partie en ayant été soumise à une haute chaleur dans un creuset de platine, n'éprouva aucune diminution de poids.

Les 23,45 grains de phosphate de soude séché au bain de sable ont perdu, par la calcination dans la cornue, 1,46 grains. Nous avons vu qu'une partie de phosphate de soude cristallisé perd, par la chaleur du bain de sable, 0,6167 d'eau, et laisse 0,3833 de phosphate séché. Le résultat de l'expérience est donc :

| | | |
|---|---|---|
| Phosphate séché dans la cornue... | 21.99 | 0.3588 |
| Eau chassée par cette opération.... | 1.46 | 0.0245 |
| | 23.45 | 0.3833. |

(1) La petite cornue avec son contenu avait été pesée, le soir, avant l'expérience. Le sel étant poreux, je pense qu'il est probable qu'il avait absorbé, dans cet intervalle, la quantité d'un 0,1 pouce d'air. Cette absorption, du reste, n'a aucune influence sur le poids trouvé, parce que la substance ne fut pesée qu'après lui avoir laissé suffisamment de temps pour refroidir, soit après la chaleur du bain de sable, soit après l'application de la flamme à la cornue.

Ce résultat est assez d'accord avec celui des expériences antérieures, pour ce qui regarde l'action de la chaleur rouge.

| | |
|---|---|
| Eau chassée au bain de sable...... | 0.6167 |
| Perte par la chaleur rouge......... | 0,0248 |
| Phosphate de soude sec........... | 0.3585 |
| | 1.0000. |

Mais quoiqu'il fût maintenant établi que les cristaux ordinaires du phosphate de soude ne peuvent être privés d'une partie de leur eau (0,0248) autrement que par l'application de la chaleur rouge, cependant il restait encore à décider, si le pouvoir de retenir cette portion d'eau appartenait aussi au pyrophosphate de soude cristallisé.

Pour déterminer ce point, je soumis des cristaux entièrement purs de pyrophosphate de soude au même traitement que le phosphate ordinaire, c'est-à-dire, je les exposai à la même chaleur du bain de sable et à la même chaleur rouge, en notant la diminution du poids dans chaque expérience.

| | 1 | 2 | moyenne. |
|---|---|---|---|
| Eau chassée par le bain de sable................ | 0.4061 | 0.4065 | 0.4063 |
| Eau chassée par la chaleur rouge................ | 0.0011 | 0.0007 | 0.0009 |
| Pyrophosphate resté sec.. | 0.5928 | 0.5928 | 0.5928. |

Or, 0,0009 d'eau sur 0,5928 de pyrophosphate ne sont pas entièrement 0,0006 sur 0,3585; mais 0,3585 retinrent 0,0248 d'eau dans la même expérience, lorsque les cristaux du phosphate ordinaire furent soumis à

la chaleur rouge après avoir été exposés à celle du bain de sable.

Il paraît donc établi que le phosphate de soude, aussi long-temps qu'il se redissout dans l'eau sans changer de propriétés, retient 0,0248 (ou peut-être 0,0248 — 0,0006, c'est-à-dire, 0,0242 d'eau) qu'il ne retient pas quand il est converti en pyrophosphate.

Avant de pouvoir considérer avec utilité le rôle probable que joue cette partie d'eau, qui n'est expulsée que par une chaleur rouge, il sera nécessaire de considérer la quantité d'eau contenue dans les cristaux de phosphate ou ceux de pyrophosphate de soude, d'après la théorie atomistique. J'ai déjà parlé des différences entre M. Thomson et Berzelius relativement à la composition des phosphates. Je n'entre point dans une explication sur le fond de ma propre opinion, parce que ce serait anticiper sur ce que je dois traiter en détail. Pour le moment, je me contente donc d'exprimer simplement ma conviction que, pour la composition des phosphates, l'évidence est du côté de M. Berzelius (1). D'après ses tables, le poids de l'atome du phosphate sec est 16,741; cette quantité contenant 7,0 d'oxigène, dont 5,0 dans l'acide phosphorique, et 2,0 dans la soude. Le lecteur attentif peut facilement observer que ce phosphate correspond à ce que j'ai appelé le pyrophosphate sec.

Je considérerai d'abord l'eau contenue dans les cristaux de pyrophosphate de soude, parce que sa quantité

---

(1) Depuis que ceci a été publié, M. Thomson a reconnu 4.5, au lieu de 3.5, pour le poids de l'atome de l'acide phosphorique, le poids de l'atome d'oxigène étant compté pour 1.

contenue dans ce sel est moins susceptible d'être mise en doute ; et après je considérerai l'eau contenue dans le phosphate de soude cristallisé.

*Cristaux de pyrophosphate de soude.*

J'ai donné plus haut deux expériences dans lesquelles j'avais trouvé que des cristaux de ce sel durs et bien formés perdaient 0,4072 d'eau. Je fis encore une expérience avec des cristaux plus tendres, qui furent pulvérisés et séchés dans du papier à filtre. La perte fut 0,4059.

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Pyrophosphate de soude sec... | 16.741 | 16.741 |
| Eau..................... | 11.521 | 11.438. |

La première quantité d'eau contient 10,24 d'oxigène, et la seconde 10,17 ; de sorte qu'il est probable que ce sel contient 10 atomes d'eau.

*Cristaux de phosphate de soude.*

L'eau contenue dans ce sel a déjà été examinée ; mais le phosphate contient beaucoup d'eau interposée entre les cristaux, et cette eau est une source de difficultés, parce qu'on ne peut pas pulvériser et sécher ces cristaux sans courir le risque de perdre de l'eau par efflorescence. Je mis quelques cristaux dans un mouchoir de soie et les pulvérisai avec un marteau en bois, les séchant avec le mouchoir : cependant un quart des cristaux ne fut pas pulvérisé. J'ai examiné l'eau dans une expérience où le sel avait été traité de cette manière, et où il était évident que quelque eau interposée avait

échappé à la dessiccation préalable. Je fis deux autres expériences où le sel avait été pulvérisé et séché dans du papier à filtre, et où il y avait chance d'efflorescence. Tels furent les résultats :

| | Cristaux entiers. | Pulvérisés dans le mouchoir. | Pulvérisés dans du papier. |
|---|---|---|---|
| Pyrophosphate de soude.. | 16.741 | 16.741 | 16.741 |
| Eau chassée par la chaleur rouge.............. | 1.158 | 1.188 | 1.112 |
| *Idem* par le bain de sable. | 28.786 | 27.305 | 26.803. |

L'oxigène dans l'eau chassée par la chaleur rouge est 1,03 — 1,05 — 0,99 ; terme moyen 1,024. Le résultat cherché doit évidemment être 1,0. L'eau chassée par le bain de sable contient en oxigène,

25,59 — 24,27 — 23,83.

Mais comme la première quantité contient de l'eau interposée, et que la seconde en contient aussi quoique moins ; que, dans la troisième, il y a plutôt manque qu'excès d'eau, nous devons conclure que la vérité est entre la seconde et la troisième quantité. Dans cette supposition, la quantité d'oxigène doit être 24,0 ; ainsi, sans comprendre l'eau interposée, 1 atome de phosphate de soude cristallisé contient 25 atomes d'eau, dont 24 peuvent être chassés par la chaleur du bain de sable ; mais le dernier seulement par une chaleur rouge. En abandonnant ce dernier atome d'eau, le phosphate de soude devient pyrophosphate.

Comment devons-nous considérer cette dernière partie d'eau ? Est-elle en combinaison avec le sel, comme les autres atomes d'eau de cristallisation ? Est-elle en com-

inaison avec la moitié de la soude, en formant avec elle n hydrate? ou est-elle combinée avec l'acide? Quoiqu'on puisse séparer du phosphate de soude un dernier tome d'eau, il n'est pas nécessaire de supposer qu'il xiste dans le sel. Il se pourrait que ce sel contînt seulement les élémens de cette eau, c'est-à-dire, un atome d'oxigène et un atome d'hydrogène, et que l'eau ne fût pas seulement séparée, mais aussi produite par l'action de la chaleur; de la même manière que nous savons que le nitrate d'ammoniaque se réduit par la chaleur en oxide d'azote et en eau, quoiqu'il ne contienne aucun de ces corps. Enfin les atomes d'oxigène et d'hydrogène que le phosphate de soude ordinaire contient en sus, doivent-ils être attribués au sel, à sa base ou à son acide?

Voilà des questions auxquelles on ne pourra répondre qu'avec une série d'expériences plus étendue.

Si nous ne considérons autre chose que la différence de l'action de la chaleur sur le phosphate et sur le pyrophosphate cristallisés, il y aurait une forte présomption de penser que le dernier atome d'eau qui ne se sépare que par l'application d'une chaleur rouge, n'est point de l'eau de cristallisation en combinaison avec le sel, mais plutôt de l'eau où ses élémens combinés avec l'acide ou la base. Mais je fis quelques expériences sur un autre sel qui ne sont pas favorables à cette supposition.

Les recherches de MM. Berzelius et Mitscherlich ont bien établi que les arséniates sont semblables aux phosphates dans leur composition, leurs propriétés, et même leur forme. Je fus donc engagé à essayer si je pouvais opérer un changement dans la composition de l'arséniate de soude par la chaleur rouge, tel que celui

qui avait eu lieu d'une manière si extraordinaire dans le phosphate. Les phénomènes furent les mêmes, mais les effets bien différens; car l'arséniate de soude, chauffé comme le phosphate dans un bain de sable, perdit, comme lui, toute son eau de cristallisation, excepté une partie qui ne put être chassée que par une chaleur rouge; mais la solution de cet arséniate chauffé au rouge, et même jusqu'au point de fusion, ne produisit pas de précipités différens; et, en l'abandonnant à la cristallisation, j'obtins de nouveau les anciens cristaux, qui eurent la même propriété de retenir une dernière portion d'eau en les chauffant au bain de sable. Or, ceci fait paraître probable que l'arséniate et le phosphate de soude possèdent la même propriété de retenir un atome d'eau jusqu'à l'application de la chaleur rouge; et que cette chaleur opère sur le phosphate encore un autre changement, qu'elle n'opère pas sur l'arséniate. Dans cette manière de voir, l'expulsion du dernier atome d'eau du phosphate de soude ne serait pas la cause du phosphate de soude en pyrophosphate; mais cette expulsion et ce changement seraient deux effets indépendans l'un de l'autre produits au même instant par la chaleur.

Pouvons-nous, dans ce cas, concevoir que la chaleur rouge ait produit un changement fondamental dans la composition et les propriétés du phosphate de soude, sans y ajouter ni en retrancher aucune partie constituante? Ceci me paraît au moins compréhensible, et je vais dire comment. Un composé quelconque, comme on admet généralement, contenant un atome de soufre et un atome de sodium, uni avec de l'oxigène dans une proportion moindre que le sulfate de soude, peut être converti,

par la chaleur, en sulfate de soude et sulfure de sodium. De cette manière, le sulfite de soude forme, par la chaleur, du sulfate avec les trois quarts du soufre, les trois quarts du sodium et la totalité de l'oxigène, et des sulfures avec le dernier quart du soufre et de sodium. Si on dissolvait dans l'eau ce sulfate et ce sulfure, on pourrait probablement les séparer par la cristallisation; mais on pourrait au moins concevoir la possibilité que ce sulfate et ce sulfure restassent en combinaison formant une espèce de sel cristallisable. Dans ce cas (en ne prenant point d'eau en considération), une chaleur rouge, sans altérer le poids du sulfite, produirait un sel dont la solution montrerait de nouvelles propriétés, et produirait des cristaux d'une nouvelle forme. Ne peut-on admettre que la chaleur rouge puisse produire un effet analogue sur le phosphate de soude?

Cependant je répète que la composition du pyrophosphate de soude doit être soumise à des recherches plus étendues qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, surtout pour ce qui regarde l'effet de la chaleur sur les sels. Je suis obligé, par d'autres occupations, à abandonner pour quelques mois mes recherches expérimentales; mais je puis espérer que ce sujet étendu et intéressant que j'ai le bonheur de faire parvenir à la connaissance des chimistes, sera bientôt repris et poursuivi avec zèle par d'autres.

D'autres altérations semblables à celles que je viens de traiter seront certainement remarquées de temps en temps, aujourd'hui que les recherches chimiques se multiplient sans exemple; mais il vaut mieux rechercher,

ces sortes de découvertes que les attendre : on fo
aux pieds les mines d'or, et on les ignore si on ne l
cherche.

---

## Analyse *des Séances de l'Académie royal des Sciences.*

### *Séance du lundi 4 mai 1829.*

*Pièces manuscrites reçues dans la séance.* Lettre M. Roulin sur des tremblemens de terre observés Amérique ; Mémoire sur la théorie du mouvement de chaleur dans les polyèdres, par M. Lamé ; Paquet c cheté déposé par le Dr Gaillon ; Mémoire sur la disti bution des mariages, des naissances et des sexes dans l divers mois, par M. Girou de Buzareingues ; Noti géologique sur divers objets trouvés dans des fouille Marseille ; Traité historique et pratique sur l'aliénati mentale dans les animaux inférieurs à l'homme, p M. Pierquin ; Mémoire sur l'équilibre et le mouveme des fluides, par M. Cauchy.

M. Frédéric Cuvier, au nom d'une commission, re compte du travail présenté par M. Villermé, sur la d tribution par mois des conceptions et des naissances l'homme.

Il résulte, entre autres choses, du travail de M. V lermé, que les mois dans lesquels il y a le plus de na sances se présentent dans l'ordre suivant : février, ma janvier, avril, novembre et septembre, ce qui repo les conceptions aux mois de mai, juin, avril, juille

février et mars. L'équinoxe d'automne est l'époque du moindre nombre de conceptions. Très-peu de femmes conçoivent dans les premières semaines de leur union. Les années de disette et le carême exercent sur les conceptions des influences pareilles.

M. Cordier rend un compte favorable des efforts qu'ont faits les officiers de la Chevrette pour contribuer aux progrès de la géologie.

M. Daussy lit un Mémoire sur les positions géographiques du Kaire, d'Alexandrie et de quelques autres points de la Méditerranée.

La Section d'économie rurale présente en comité secret la liste suivante de candidats pour la place de correspondant actuellement vacante : MM. John Sinclair ; Gasparin ; Bonafous ; Baron de Voght ; Crud ; Bigot de Morogues et Hartig.

### *Séance du lundi* 11 *mai.*

*Pièces manuscrites.* Nouveaux Mémoires sur des encres indélébiles, adressés par le Garde des sceaux ; Paquet cacheté de M. Vellot ; Lettre sur divers objets de physique, par M. Dos Rios y Souza ; Recette d'un parement propre à maintenir l'humidité des fils dans la fabrication des toiles ; Nouvelle lettre de M. Baudelocque sur les moyens d'arrêter les hémorrhagies utérines ; Mémoire de M. Destrem sur la caverne à ossemens de Bize en Languedoc ; Paquet cacheté d'un anonyme (présenté par M. Duméril), contenant des expériences qui constatent la guérison radicale d'une certaine maladie.

M. D'Urville lit une Relation abrégée de son voyage.

On procède au scrutin pour la nomination d'un correspondant : M. Gasparin obtient 26 voix ; M. Sinclair, 17, et M. Bonafous, 5.

*Séance du lundi* 18 *mai.*

*Pièces manuscrites.* Mémoire sur l'intégration des équations aux différences partielles ; Lettre de M. Ternaux relative aux silos qu'il avait construits à Saint-Ouen ; Lettre de M. Deleau sur le lieu où se forme la parole ; Lettre de M. Heurteloup sur une canule de gomme élastique destinée à empêcher les urines de s'infiltrer après l'opération de la taille par le haut appareil ; Paquet cacheté de M. Jules Pinot.

M. Dulong lit le Mémoire que nous avons publié dans le Cahier précédent sur la chaleur spécifique des fluides élastiques.

L'Académie s'est ensuite occupée des prix à décerner et de ceux qu'elle doit proposer. ( Nous avons déjà donné les programmes. )

*Séance du lundi* 25 *mai.*

*Pièces manuscrites.* Deux Mémoires de M. Suremain Misseri, sur la théorie mathématique de la musique ; un ouvrage de M. Coriolis, sur la théorie des machines ; une Note de M. Cottereau, sur un cas de phthisie guéri par le chlore ; un Mémoire de M. Sturm, sur la résolution des équations numériques ; des Recherches algébriques de M. Evariste Galois.

M. Geoffroy Saint-Hilaire présente le portrait d'un monstre qui existe maintenant à Turin, et qui se com-

pose de deux filles distinctes depuis la tête jusqu'à la ceinture, tandis qu'il n'y a pour les deux qu'un bassin et deux jambes. Le même membre lit un Mémoire sur un nouveau produit de l'espèce humaine qui s'est régulièrement développé pendant les quatre premiers mois de la grossesse, et sur le concours des circonstances qui en ont fait un monstre, né à terme, sans cerveau et sans boîte cérébrale.

M. Cuvier fait un rapport très-favorable sur les $4^{me}$ et $5^{me}$ Mémoires de géologie adressés à l'Académie pendant le voyage de l'Astrolabe, par MM. Quoy et Gaymard.

M. Duméril rend un compte avantageux d'un Mémoire sur les monstruosités, présenté par M. Le Sauvage, professeur à Caën.

M. Puissant rend un compte verbal de la première livraison de l'atlas topographique du département du Puy-de-Dôme, par M. Busset.

L'Académie a entendu ensuite le Mémoire de M. Savart, que nous avons déjà publié, sur la structure des métaux, et un Mémoire de M. Cauchy sur l'équilibre et le mouvement des fluides.

*Séance du lundi $1^{er}$ juin.*

*Pièces manuscrites.* Lettre de M. Olbers, qui remercie l'Académie à l'occasion de sa nomination comme associé; Description d'un nouvel instrument de chirurgie, le cystotome suspenseur, par M. Tronchon; Théorie des vibrations, et son application à divers phénomènes de physique, par M. le baron Blein; un paquet cacheté de M. Amussat; un Mémoire sur la

théorie des équations, de M. Sturm; un Théorème sur le mouvement de la chaleur dans les sphères, par le même géomètre; des Recherches sur les équations algébriques du premier degré, par M. Gallois; une Lettre de M. Virey, sur l'élévation spontanée dans l'air des araignées fileuses.

M. Navier lit un Mémoire sur l'écoulement des fluides élastiques dans les vases et les tuyaux de conduite.

M. Straus lit l'extrait d'un travail qu'il a fait sur l'anatomie de l'araignée aviculaire.

Le reste de la séance a été consacré à l'examen des pièces envoyées au concours pour les prix Monthyon. Nous avons déjà publié les résultats de cet examen.

*Séance du lundi 8 juin.*

*Pièces manuscrites.* Paquet cacheté de M. Ségalas; Traité sur l'emploi de l'air atmosphérique dans le diagnostic, le pronostic et le traitement des maladies de l'oreille moyenne, par M. Deleau; Mémoire sur une nouvelle manière de trouver les longitudes, par M. Devoulx; deux nouvelles Démonstrations de la réalité des racines des équations transcendantes auxquelles conduisent plusieurs questions de physique-mathématique; un paquet cacheté de M. Cauchy; un Mémoire sur les creusets réfractaires, par M. Boyer, fabricant de porcelaine; un Mémoire de M. Marcel de Serres, sur une caverne à ossemens fossiles du département des Pyrénées orientales.

M. Latreille, au nom d'une commission, fait un rapport très-favorable sur la Monographie des crustacés amphipodes, de M. Milne Edwards.

M. Arago annonce la perte irréparable que l'Académie vient de faire dans la personne de sir H. Davy.

On reprend la discussion sur les prix Monthyon.

*Séance du lundi 22 juin.*

*Pièces manuscrites.* Lettre à Ariste sur la théorie des croix célestes en général, et sur la croix de Migné en particulier, par M. Clos; Dessins exécutés par M. Sainson pendant le voyage de M. d'Urville; Description d'appareils concernant des phares mobiles, par M. Castéra; une Lettre par laquelle M. Dutrochet annonce qu'il a découvert qu'une colonne d'eau capillaire conduit très-mal l'électricité.

L'Académie apprend avec douleur la mort d'un de ses membres les plus illustres, le Dr Thomas Young, et celle de M. Abel, jeune géomètre de Christiania, qui donnait les plus grandes espérances.

M. Magendie annonce que M. Leroux, pharmacien, vient de découvrir dans le saule deux substances analogues à la quinine et à la cinchonine.

M. Navier, au nom d'une commission, rend un compte très-favorable du nouvel ouvrage de M. Coriolis sur le calcul des machines.

M. Cauchy, au nom d'une commission, fait un rapport sur un Traité manuscrit de calcul différentiel, présenté par M. Finck.

M. Elie de Beaumont lit un Mémoire intitulé : Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe, présentant différens exemples de la coïncidence qui paraît avoir existé entre le redressement des couches

de certains systèmes de montagnes, et les changemens subits attestés par les variations brusques de caractères qu'on observe entre certains étages consécutifs des dépôts de sédiment.

*Séance du lundi 29 juin.*

*Pièces manuscrites.* Mémoire de M. Liouville sur la théorie analytique de la chaleur; Observations sur les mollusques, par M. Audouin; Mémoire de M. Cristol sur les cavernes à ossemens découvertes récemment dans le Midi; nouveaux Moyens de détruire la pierre dans la vessie, par M. Rigaud de Jemigné; un Mémoire de M. Dudon, qui a le même objet.

L'Académie a entendu ensuite une Notice de M. Héricart de Thury, sur un nouveau puits artésien creusé à Saint-Ouen, par MM. Flachat; des Remarques de M. Gay-Lussac en réponse aux doutes présentés par le maire de Carantan sur la convenance d'établir un paratonnerre au sommet du clocher de cette ville; des Considérations de M. Du Petit-Thouars sur les orchidées de l'île de France; un rapport de M. Cauchy sur un Mémoire de M. Abel de Christiania, concernant une propriété générale d'une classe très-étendue de fonctions transcendantes; et enfin, un Mémoire de M. Lugol sur l'emploi de l'iode pour le traitement des maladies scrofuleuses.

---

# NOTICE *sur la caverne à ossemens d'Argou, près de Vingrau (Pyrénées orientales.)*

Par MM. MARCEL DE SERRES et FARINES, pharmacien.

---

### OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

LES cavernes à ossemens, considérées d'abord comme des sortes d'accidens ou des phénomènes locaux, ont pris une tout autre importance depuis que l'un de nous a établi, par des faits nombreux, que la dispersion des ossemens dans les cavités souterraines avait été produite par des causes analogues à celles qui ont disséminé, dans nos terrains d'alluvion, les ossemens que l'on y découvre (1). Les cavernes à ossemens, ainsi envisagées, ne sont donc que des fentes longitudinales, où, comme dans les fentes verticales de nos rochers, des courans ont accumulé des sables, des limons, des cailloux roulés, et des ossemens qui ont pu d'autant mieux s'y conserver qu'ils y étaient tout-à-fait à l'abri de l'influence destructrice des agens extérieurs. L'amoncellement des

---

(1) Quoiqu'il soit fort difficile de savoir où s'arrêtent les *terrains d'alluvion*, et où commencent les *dépôts d'atterrissement*, nous désignerons cependant sous la première dénomination des terrains déplacés, qui, non recouverts par des couches régulières et stratifiées, semblent avoir été produits dans l'ancienne période alluviale, réservant le nom de *terrains de transport* aux dépôts recouverts dans la même période par des couches solides et régulières.

ossemens n'est pas, du reste, proportionnellement plus considérable dans les cavernes, que dans les fentes étroites où se sont produites les brèches osseuses. En effet, le nombre des ossemens est souvent immense dans certaines de ces brèches, où l'on ne peut présumer que des animaux aient vécu, comme on l'a supposé pour ceux des cavernes. Cette accumulation, aussi considérable dans les fentes verticales que dans les longitudinales, annonce assez qu'elle a été produite par une même cause, c'est-à-dire, par des alluvions. Ces alluvions ont seulement entraîné de plus grands animaux dans les cavernes que dans les fentes verticales de nos rochers, à raison de la différence des dimensions de leurs ouvertures ; aussi généralement les débris fossiles ensevelis dans les cavités ou les fentes souterraines, sont-ils en rapport avec leurs ouvertures, et leurs grandeurs s'augmentent avec celles des lieux par lesquels ils y ont été introduits.

Mais, pour qu'il y ait des ossemens dans les cavités ou les fentes de nos rochers, il faut que ces cavités ou ces fentes réunissent certaines conditions ; car, lorsqu'elles n'existent point, l'on n'en trouve aucune trace ; tandis que, lorsqu'elles sont réunies, il y a de grandes probabilités d'en découvrir. En effet, pour qu'il y ait des ossemens dans des cavernes, il faut que leur niveau ne soit pas très-élevé, ni leur distance trop grande des terrains tertiaires, et enfin, que des matériaux d'alluvion, tels que des sables, des limons et des cailloux roulés, en recouvrent le sol.

Les cavernes à ossemens sont donc des phénomènes géologiques qui tiennent à des causes particulières et

locales : les faits que nous allons faire connaître en sont une nouvelle preuve.

Le département des Pyrénées orientales, comme les autres bassins qui bordent la Méditerranée, ne présente des traces des terrains tertiaires déposés avant la retraite des mers de dessus nos continens, que vers le littoral de cette mer. Là, ils y sont comme accumulés, ayant un développement à peu près égal dans les trois grandes vallées des Pyrénées, celles du Tech, de la Tet et de Lagly. Quoique les formations que ces terrains recouvrent soient loin d'être les mêmes, de nombreuses cavernes existent dans les montagnes secondaires les plus rapprochées de ces dépôts tertiaires ; mais, comme les formations calcaires dominent essentiellement dans la vallée la plus septentrionnale des Pyrénées, celle de Lagly, c'est aussi dans cette vallée qu'existent le plus grand nombre de ces cavités, et, en particulier, celle que nous allons décrire. Parmi ces cavités, la caverne d'Argou est la seule où nous ayons trouvé des ossemens, et, ce qu'il y a de plus remarquable, non-seulement dans son intérieur, mais encore disséminés sur le sol qui la précède. L'absence d'ossemens dans les autres de ces cavités tiendrait-elle à ce qu'elles ne réunissent point les conditions qui semblent nécessaires à leur présence ? C'est ce dont on pourra juger d'après les faits que nous allons rapporter.

En suivant la chaîne calcaire qui fait partie des Corbières, depuis Opoul jusqu'à Estagel, l'on observe plusieurs cavernes plus ou moins considérables. La plus spacieuse, celle de Pezillos, ne présente aucune trace de cailloux roulés, ni d'ossemens ; comme elle appar-

tient au système des cavités humides, de nombreuses stalactites et stalagmites la décorent et l'embellissent. L'on en observe trois autres sur le chemin de Paziols et à peu de distance de la première ; celles-ci sont sèches, n'étant en quelque sorte que de grandes crevasses du rocher ; il n'y existe ni ossemens, ni dépôts d'alluvion. En suivant la crête de la montagne jusqu'à Vingrau, l'on découvre de nouvelles cavités ; mais, comme il n'y a ni sables, ni cailloux roulés, l'on n'y observe pas non plus d'ossemens.

Si de Vingrau on se dirige vers la métairie de l'*Areou*, en suivant le torrent de Vingrau, l'on découvre encore deux cavernes ; l'une nommée *caverne Gounine*, et l'autre, de *Perroux*. Enfin, à l'extrémité de la vallée, sur le plateau, se présente la caverne connue sous le nom de grotte *d'en bec d'en Casenove*, dont la profondeur est d'environ 15 à 16 mètres sur 6 à 7 de large et 5 à 6 de hauteur. Le sol de celle-ci, pas plus que celui des précédentes, n'est recouvert par des dépôts d'alluvion ; l'on y voit seulement de la terre végétale avec laquelle des ossemens d'animaux de notre époque ont été entraînés : ces ossemens appartiennent à des lapins et à des moutons. Enfin, auprès de Génégals, situé à une demi-lieue à l'est de Vingrau, l'on découvre une caverne spacieuse, peu élevée au-dessus de la vallée, et où il n'existe point d'ossemens, quoique cette caverne réunisse un certain nombre des conditions qui signalent leur présence. Le sol de cette cavité est recouvert par des limons d'alluvion sableux, qui renferment de nombreux fragmens de calcaire secondaire et de quarz. Ces fragmens quarzeux, utilisés par les habitans des lieux voisins,

e pierres à feu, ont fait désigner cette caverne e nom de *Caube de las pedras fouguoras*, ce qui ire caverne des pierres à feu.

te cavité mériterait d'être fouillée avec plus de soin ous n'avons pu le faire jusqu'à présent; nos tra- n'ayant embrassé qu'un mètre carré, il se pourrait r eût des ossemens; car la plupart des circonstances nnoncent leur présence s'y montrent réunies; aussi possible qu'ils existent à une plus grande profon- que celle où nos travaux nous ont fait arriver. Quoi en soit, on découvre une autre caverne au sud-est lage de Vingrau, tout-à-fait à l'extrémité du pla- *l'en Parès*. Cette caverne, qui n'est guère qu'à etres au-dessus de la vallée, est peu spacieuse, son ie n'étant guère au-delà de 15 mètres. Quant à uverture, elle est assez grande, ayant jusqu'à 2 mè- e hauteur et de largeur. Il est difficile de savoir s'il a des ossemens et des cailloux roulés dans cette , le sol qui la recouvrait ayant été successivement é avec le fumier que l'on y ramasse. Cette grotte, ie la plupart de celles de ce canton, servant de ber- aux troupeaux du voisinage, ne présente plus que mis à nu.

fin, à peu de distance du village de Vingrau, il une caverne nommée dans le pays *la Caube de ncantades*, ou l'antre des Enchanteuses : on assure le est spacieuse et remplie d'ossemens. Son ouver- presque verticale, est fermée par un énorme bloc cher que les anciens habitans y ont placé, pour se rver, disent encore les simples villageois de Vin- , des malices des sorciers ou enchanteurs qui y

avaient établi leur séjour. Il nous fut donc impossible, par suite de cette opinion enracinée dans la tête de ces paysans, de trouver un homme qui voulût nous aider à soulever le rocher qui ferme l'entrée de cette caverne, que l'on dit la plus vaste de toute la chaîne des Corbières. Nous fûmes donc obligés d'abandonner notre entreprise, et à regret nous ne pouvons assurer si elle contient autant d'ossemens que le disent les habitans.

Il résulte donc de ces faits, que, parmi les cavernes de la chaîne calcaire des Corbières, il n'y en a que deux qui réunissent les conditions nécessaires à la présence des ossemens. Sur ces deux, celle d'Argou est la seule où nous en ayons découvert. Comment se fait-il cependant que nous n'en ayons point aperçu dans celle de Génégals ? C'est une question que nous résoudrons plus tard, lorsque nous y aurons fait faire des fouilles assez considérables, pour être certain qu'il n'y en a réellement pas.

## CHAPITRE Ier.

## *Description de la caverne d'Argou et des limons à ossemens.*

### SECTION Ire.

### *De la caverne d'Argou.*

La caverne d'Argou est située à une petite demi-lieue du village de Vingrau, auprès duquel existe l'antre des Enchanteuses, dont nous venons de parler, à peu près à la même distance de Tautavel, et à deux lieues à l'est de la petite ville d'Estagel. Cette caverne se trouve à l'extrémité de la vallée de Tautavel, tout-à-fait en-dessus

de la gorge, par laquelle le torrent de Verdouble pénètre de la vallée de Paziols dans celle de Tautavel. Elevée d'environ 80 mètres au-dessus de cette dernière vallée, elle est d'un accès difficile, se trouvant aux trois quarts de la hauteur d'une montagne dont la pente est aussi rapide qu'escarpée.

La chaîne calcaire où l'on aperçoit la caverne d'Argou, borde la vallée de Tautavel; elle s'y réunit à son extrémité en formant un immense barrage, ou un cirque analogue à ceux si fréquens dans les contrées où dominent les calcaires secondaires. Le même calcaire qui compose les montagnes de cette partie de la chaîne des Corbières, s'y présente à leur partie supérieure comme d'immenses murailles verticales, semblables, en quelque sorte, à de vieux édifices ou à des tours qui tombent en ruines. Examiné en petit, sa couleur varie du gris bleuâtre au gris cendré; son grain est assez fin, et sa cassure conchoïde. Des infiltrations spathiques blanchâtres le traversent dans tous les sens; les corps organisés y sont des plus rares; aussi, faute de caractères zoologiques, et même de ceux tirés de l'ordre de superposition, ces calcaires n'étant recouverts par aucune roche, si ce n'est à la base des montagnes qu'ils composent, par des marnes calcaires noirâtres, bitumineuses et micacées, il est difficile de décider à quel ordre de formation secondaire appartiennent ces calcaires. Cependant, d'après leur liaison avec des calcaires blancs, à demi cristallins, qui reposent sur des phyllades micacés, il paraîtrait appartenir plutôt aux couches les plus supérieures du lias ou du calcaire à gryphées, qu'au calcaire gris à bélemnites si répandu dans le midi de la France.

Lorsqu'on a gravi les roches escarpées qui entourent la caverne d'Argou, on arrive sur une plateforme qui en précède l'entrée. Comme cette caverne est assez vaste pour servir de retraite aux bestiaux, on a muré cette plateforme, et l'on y a placé une porte qui, heureusement pour les curieux, n'est pas constamment fermée. Ce n'est pas sans surprise que l'on voit le sol de cette plateforme, qu'aucun rocher ne recouvre, tout chargé de limon dans lequel existent de nombreux ossemens. Il faut que ces ossemens y soient bien nombreux, puisqu'il en existe tant, après le transport continuel qu'en ont fait les bergers, à mesure qu'ils enlèvent le fumier que les troupeaux y déposent.

De cette plateforme on reconnaît que la caverne d'Argou se compose de quatre parties distinctes qui se succèdent dans l'ordre suivant :

1°. D'une sorte de vestibule ouvert par le haut, et dont l'ouverture à plein cintre n'a pas moins de 14 à 15 mètres d'élévation, quoique ce vestibule n'ait guère plus de 11 à 12 mètres d'étendue ; cette ouverture coïncide, par sa direction, avec celle de la caverne qui est du nord-ouest au sud-est, à peu près dans le sens de l'ouverture de la vallée de Tautavel.

Le sol du vestibule est couvert par plusieurs couches de limons à ossemens ; le plus superficiel de ces limons a acquis assez de solidité pour adhérer au rocher, et y former des brèches osseuses d'une assez grande dureté.

2°. D'une salle moyenne, plus vaste que le vestibule, et recouverte, comme celui-ci, par trois espèces de limon. Quoique irrégulière dans sa forme, cette salle rappelle assez celle d'une rotonde, qui serait couronnée par

e élevé ; elle est portée par une ouverture ovalaire grand diamètre peut avoir de 30 à 35 mètres. C'est e ouverture que cette premiere salle communique ment avec l'air extérieur ; mais il ne paraît pas limons qui en recouvrent le sol y soient arrivés orme fissure qu'elle présente.

l'une salle couverte où les troupeaux se réfugient t les orages et les nuits froides et humides. Sa lon- est d'environ 17 à 18 mètres, sur une largeur de Sa forme irrégulière présente peu cependant de nds enfoncemens et rétrécissemens si fréquens s cavernes creusées dans le calcaire secondaire. te de cette salle, comme celle du vestibule, est cintre ; mais elle s'abaisse de plus en plus à me- a'elle se rétrécit, et que l'on s'éloigne de son ire ; l'on peut cependant se tenir debout jusqu'à trémité.

ol de la salle couverte, comme celui des autres est inégal et irrégulier à raison de l'accumulation on qu'on y observe, limon dont la pente est dans de l'inclinaison des couches calcaires qui est aussi e la vallée, c'est-à-dire, du nord-ouest au sud-est. ussi dans le sens de la plus grande pente, et au t que l'on découvre le plus d'ossemens disséminés limon, circonstance qui se reproduit dans les es du midi de la France où il existe une pente le dans les limons intérieurs.

D'un couloir étroit, tortueux, s'ouvrant dans la ouverte, mais tellement bas, que l'on ne peut y ter qu'en rampant péniblement sur le ventre. Ce ir, placé au sud-est et à l'extrémité de la salle cou-

verte, se prolonge si loin, qu'en le suivant, on a vu des chèvres arriver de l'autre côté de la montagne d'Argou sa longueur a au moins 600 mètres ; cette étendue, creusée à travers des rochers si compactes, ne laisse pas que d'être remarquable, surtout le couloir se maintenant si bas et si rétréci. Il paraît que c'est par ce couloir que sont arrivés les ossemens et les cailloux roulés, disséminés dans les diverses parties de ces cavernes.

Tels sont l'aspect et la forme de la caverne d'Argou, la seule peut-être où les ossemens soient aussi abondans au dehors que dans l'intérieur. Ces ossemens y sont répandus de la manière la plus irrégulière et la plus confuse; ils sont seulement plus abondans dans les limons qui recouvrent le sol de la plateforme et du vestibule, que dans ceux de la salle moyenne et de la salle couverte, c'est-à-dire qu'ils sont principalement accumulés dans les points les plus bas : de même, on les voit en nombre plus considérable dans les couches les plus profondes du limon, parce que partout les limons à ossemens et les cailloux roulés qui les ont accompagnés, se sont accumulés dans les points de la plus grande pente. Or, comme le niveau du plateau et du vestibule qui lui succède est inférieur aux deux salles de la caverne, il est probable que le courant qui y a entraîné le limon et les ossemens y est arrivé par le couloir, et par conséquent qu'il est venu de l'autre côté de la montagne. On le suppose d'autant plus, que l'on ne voit plus de traces de ce limon au delà de la plateforme, et que son niveau s'élève de plus en plus jusqu'à l'ouverture du couloir. Ce courant ne devait pas avoir une grande force d'impulsion, à en juger par l'horizontalité des couches

sableuses dont le limon est formé, et le peu d'indice de frottement que présentent les ossemens qui y sont accumulés. Entraînés cependant avec des cailloux roulés, il n'est pas étonnant de les voir brisés, fracturés, quoique rien n'indique qu'ils aient été roulés, ni qu'ils aient subi un transport violent et long-temps prolongé.

Ces ossemens sont disséminés dans le limon, sans ordre et sans aucun rapport, avec la famille, le genre ou l'espèce des animaux auxquels ils ont appartenu. Ils n'en offrent pas davantage avec la position qu'ils occupaient dans le squelette, étant mêlés d'une manière si confuse, qu'à côté d'un os du tarse de rhinocéros l'on découvre des dents brisées de chevaux, ou des fragmens d'os longs de ruminant. Aussi, en réunissant le grand nombre des fragmens osseux que nous avons fait extraire du limon, nous n'avons pas pu recomposer une seule partie quelconque du squelette. Ces os sont brisés et fracturés par l'effet du transport qu'ils ont éprouvé, et non, comme on pourrait le supposer, par la maladresse des ouvriers: d'ailleurs il est facile de distinguer les cassures fraîches et accidentelles, des anciennes, et de reconnaître si elles ont été produites postérieurement ou antérieurement à leurs dépôts.

SECTION II.

*Des limons à ossemens de la caverne d'Argou.*

Les limons à ossemens de la caverne d'Argou sont sablonneux, ou composés de petits grains anguleux qui sont cependant plus généralement calcaires que siliceux. Ces limons renferment une certaine quantité de matière animale; car, chauffés dans un tube de verre, ils ra-

mènent au bleu le papier de tournesol rougi, dégagent des vapeurs ammoniacales, et noircissent d'une manière sensible après leur calcination.

On peut distinguer trois sortes de limons, dont la dureté est d'autant plus considérable que ces limons sont plus superficiels ; tandis qu'il en est tout le contraire du nombre des ossemens qu'ils renferment. Ces limons, qui s'élèvent d'environ 8 à 9 mètres au-dessus du rocher qu'ils recouvrent, et dont le niveau le plus supérieur est vers l'ouest, forment trois couches bien distinctes, par la nature, la dureté des matériaux qui les composent, et leurs séparations qui indiquent des dépôts successifs.

La couche la plus supérieure ou la plus superficielle est formée par un limon sablonneux, endurci, d'un jaune rougeâtre, faisant corps avec le rocher auquel il adhère, et ressemblant assez aux brèches osseuses : il réunit, comme elles, des fragmens de calcaire secondaire, des galets quarzeux et des ossemens brisés, fracturés et épars. Ce limon, le seul solide, est aussi celui où les cailloux roulés et les ossemens sont le moins nombreux, et où ils ont le moins de volume ; par conséquent les ossemens sont encore moins reconnaissables dans ce limon que partout ailleurs.

Comme dans les autres couches, les ossemens et les cailloux roulés abondent principalement vers la partie de ces limons qui se trouvent au sud-est de la caverne, c'est-à-dire, dans le point de la plus grande pente. L'épaisseur de cette première couche est d'environ 2 mètres à 2 mèt. 50 cent.

Le limon moyen, placé au-dessous du premier ou du

eur en stratification concordante avec lui, est éga-
t formé par des sables jaunâtres à demi endurcis.
bles ont les plus grands rapports avec les sables
rrains d'eau douce supérieurs, si abondans dans
mations lacustres des bassins méditerranéens. Ces
s sablonneux offrent, comme ceux qui leur sont
posés, et des cailloux roulés et des ossemens; mais
s et les autres y sont plus volumineux, en plus
nombre et moins brisés que dans la couche supé-
. Les galets quarzeux y sont cependant moins
ans; mais ils ont été remplacés par des galets
es. Ces deux sortes de cailloux roulés ont, dans
ouche, des dimensions plus considérables que dans
che de limon endurci.

paisseur du limon moyen paraît être de 3 mètres
èt. 60 cent.

limon inférieur, toujours sablonneux, moins en-
que ceux qui le recouvrent, est presque pulvé-
; peut-être est-ce à la ténuité et à la finesse des
ules qui le composent, qu'il faut attribuer la plus
te conservation des ossemens qu'il renferme.
dant, comme les caillous roulés y sont plus abon-
qu'ailleurs, il semble que les ossemens charriés
ux devraient être encore plus brisés et plus frac-
que dans les couches supérieures. Il en est pour-
contraire; c'est aussi de cette couche que nous
retiré les os les plus propres à nous fixer sur le
et les espèces d'animaux qui ont été transportés
cette cavité.

si, dans la caverne d'Argou, comme dans les au-
avités souterraines, il existe un rapport sensible

entre le nombre des ossemens et celui des cailloux rc
lés. Ici, comme ailleurs, le nombre des uns n'augmei
pas, sans qu'il en soit de même des autres ; et comi
les cailloux roulés sont plus abondans dans cette co
che que dans celles qui lui sont superposées, il en
de même des ossemens.

Ce limon sablonneux et pulvérulent offre de plus «
fragmens plus ou moins abondans de marne calcaii
ainsi que des concrétions cylindriques, noirâtres, cre
ses ou remplies de limon, et que l'on pourrait pren
pour des excrémens d'autant plus facilement qu'el
contiennent une grande quantité de matière anima
Nous avons reconnu que ces concrétions étaient
enveloppes ou l'habitation d'une larve d'insecte, pro
blement des genres *amaticherus* ou *prionus*, et n
en avons d'autant moins douté que dans certaines
larve y était encore. Si nous sommes entrés dans
détails, c'est afin d'éviter les méprises que ces opé
tions pourraient faire naître.

Du reste, les ossemens et les dents que l'on décou
dans ce limon inférieur, quoique moins brisés que c
des couches supérieures, n'en sont pas moins épars
disséminés de la manière la plus irrégulière. On
trouve tous, sans aucun rapport de position, avec c
qu'ils occupaient dans le squelette, ni avec les famill
les genres et les espèces auxquels ils se rapportent.

L'épaisseur de ce limon jusqu'au roc vif est de 3 mèt
à 3 m. 80 c. ; en sorte que la puissance totale de
diverses couches, en l'estimant dans le point où elle
la plus grande, est de 9 mèt. 40 c.

Quant à celle des couches calcaires qui forment

f intérieur des cavernes d'Argou, elle est assez e, surtout dans les parties les plus élevées. Ces es s'inclinent le plus généralement vers la vallée ntavel, conservant assez une inclinaison d'environ 10° au plus.

ır direction est assez variable, à raison des couches fléchissent près de la gorge de Verdouble ; cepen- elles se dirigent du nord-ouest au sud-est, ou de t à l'est, direction que ces couches montrent prin- ment vers la gorge de Verdouble ou de Paziols.

## CHAPITRE II.

## *ssemens disséminés dans les limons de la caverne d'Argou.*

### SECTION 1re.

### *at de conservation et de la nature des ossemens de la caverne d'Argou.*

'on compare les ossemens extraits des limons de erne d'Argou avec ceux des cavernes de Lunel- de Bize et des sables marins tertiaires des en- de Montpellier, on leur trouve plus de rapport es derniers qu'avec les ossemens de nos cavités raines. Ils ont en effet la couleur jaunâtre et la é des os des sables marins ; ils sont seulement u plus légers et moins durs, quoiqu'ils aient une grande solidité. Les seuls ossemens saisis par le complètement endurci, ont une couleur blan- ; à part ces derniers, les os des cavernes d'Argou i semblables par leur aspect, leur texture et leurs

nuances avec ceux des sables marins, qu'il serait bien difficile de les distinguer, si on les mêlait fortuitement les uns avec les autres.

Il n'en serait pas de même, si on mêlait les ossemens des cavernes de Lunel-Vieil et de Bize, par suite de la différence qui existe dans leurs couleurs, et le genre d'altération qu'ils ont subie. Les premiers sont d'un blanc légèrement roussâtre, tandis que les seconds ont une nuance noirâtre, ou d'un roux sale, selon qu'ils étaient enterrés dans le limon rouge ou dans le limon noir.

Si les ossemens des cavernes d'Argou ont beaucoup plus de rapport avec ceux des sables marins, qu'avec les ossemens des autres cavernes du midi de la France, cette particularité tient probablement à ce que les uns et les autres ont été saisis et enveloppés par des sables. En effet, les limons des cavernes d'Argou sont sablonneux, en sorte qu'ils ne diffèrent des sables marins que parce qu'ils ont été entraînés, non par les eaux des mers, mais uniquement par des eaux douces et courantes.

Cette circonstance a probablement influé sur l'état et la conservation de ces divers ossemens, et, ce qui semble l'annoncer, c'est que les ossemens, qui en très-petit nombre se trouvent dans les sables placés à l'extrémité de la caverne de Lunel-Vieil, ont les plus grands rapports avec ceux qui font l'objet de ce Mémoire.

D'après ce que nous venons d'observer sur l'aspect et la conservation des os fossiles de la caverne d'Argou, ces os se trouvent donc à peu près dans le même état que ceux ensevelis dans nos sables marins tertiaires. Les uns et les autres ne diffèrent pas non plus extrêmement

lans leur nature chimique, ainsi que les analyses com-aratives que nous allons rapporter, pourront en faire uger; car, à l'exception de la plus grande quantité de hosphate de chaux que retiennent les os des sables narins, leurs principes constituans sont à peu près les nêmes.

**Os de la caverne d'Argou.**

| | |
|---|---|
| Phosphate de chaux........................ | [illegible]4 |
| Carbonate de chaux........................ | 20 |
| Eau.......................................... | 10 |
| Matière organique........................ | 2 |
| Phosphate de magnésie, silice, alumine, oxides de fer et de manganèse.................. | 4 |
| Total... | 100. |

**Ossemens des cavernes de Lunel-Vieil.**

| | |
|---|---|
| Phosphate de chaux........................ | 74 |
| Carbonate de chaux........................ | 10,5 |
| Eau.......................................... | 8,8 |
| Silice colorée par l'oxide de fer.............. | 4,1 |
| Matière organique et fluate de chaux, des traces. | |
| Perte........................................ | 2,6 |
| Total.... | 100. |

**Os fossiles des sables marins tertiaires.**

| | |
|---|---|
| Phosphate de chaux, mêlé d'oxide de fer...... | 78,5 |
| Carbonate de chaux........................ | 14 |
| Eau.......................................... | 7 |
| Matière organique, des traces. | |
| Carbonate de magnésie et fluate de chaux...... | 0,5 |
| Total... | 100. |

Les ossemens fossiles des cavernes d'Argou ont pris, après leur calcination, une couleur légèrement bleuâtre sur leur surface la plus extérieure, couleur que nous n'avons pu développer chez les os frais par une calcination même long-temps prolongée. Cette nuance tiendrait-elle à la présence du fluate de chaux, qui, ainsi que l'un de nous l'a prouvé depuis long-temps, existe dans les os fossiles, fait que M. Morichini a aperçu le premier? c'est ce qui est assez probable : quoi qu'il en soit, ces ossemens, exposés à la flamme d'un corps enflammé, prennent une couleur brunâtre qui n'est guère plus foncée que celle qui se développe, dans les mêmes circonstances, aux os de sables marins, mais elle est moins foncée que celle qu'acquièrent pour lors les os des cavernes de Bize et de Lunel-Vieil.

Ainsi l'état de conservation des corps organisés et en particulier des ossemens dépend beaucoup plus de la nature des couches qui les ont enveloppés, que de l'époque de leurs dépôts ; car les ossemens ensevelis dans les cavernes l'ont été après que les mers se sont retirées de dessus nos continens, et par conséquent bien après ceux entraînés sur le bord des rivages de l'ancienne mer avec les sables, et les huîtres qui les accompagnent ou les recouvrent par fois, et cependant les uns et les autres ne sont souvent pas plus altérés.

### SECTION II.

*De la détermination des ossemens de la caverne d'Argou.*

Nous avons déjà dit que les ossemens qui existent dans les différens limons de la caverne d'Argou sont tous

brisés et comme rompus à plaisir ; comme il en est de même des dents, l'on ne peut en déterminer qu'un fort petit nombre. Ainsi, malgré la grande quantité que nous en avons découverts, l'antique population qui y a été entraînée paraît bornée à sept ou huit espèces. Parmi celles-ci, les chevaux sont de beaucoup les plus nombreux, à en juger par les débris qui en restent, débris qui se rapportent, pour la plupart, à des chevaux de la plus grande taille. Après les chevaux viennent les ruminans des genres bœuf, mouton et cerf, ainsi que deux pachydermes qui se rapportent aux sangliers et aux rhinocéros. Un seul os y a signalé le premier de ces genres ; c'est une des dernières vertèbres lombaires qui, d'après ses dimensions, annonce un sanglier d'une forte stature. Ces espèces ne signalent donc que des animaux herbivores ; enfin, malgré toutes nos recherches, nous n'avons pu découvrir aucune trace de carnassier, parmi les nombreux fragmens osseux que nous avons retirés des limons sablonneux des cavernes d'Argou. Malgré cette absence de carnassiers, certains ossemens de ces cavernes présentent des empreintes sillonnées transversalement, ou des sillons transversaux plus ou moins profonds, et très-apparens sur les bords des os. Ces empreintes, comparées à celles qui existent sur les os des cavernes de Lunel-Vieil, et que M. Buckland croit être les marques des coups de dents des carnassiers qui ont rongé ces os, ont paru tout-à-fait analogues. Si donc les unes et les autres ont été produites par les carnassiers, il est évident que, pour celles des os de la caverne d'Argou, elles ont dû être opérées avant que les animaux auxquels ces os se rapportent aient été entraînés dans les

lieux où gisent aujourd'hui leurs débris. Dès-lors n'est-il pas probable qu'il en a été de même des marques supposées de coups de dents que l'on observe sur les os fossiles des cavernes de Lunel-Vieil ?

*Pachydermes.*

Les seuls débris de pachydermes que nous ayons observés dans les cavernes d'Argou se rapportent à deux genres, c'est-à-dire, aux rhinocéros et aux sangliers. Quant au premier de ces genres, il a été reconnu d'abord par plusieurs dents molaires, et, en second lieu, par plusieurs ossemens. Ces dents signalent l'espèce de rhinocéros décrite par M. Cuvier sous le nom de *tichorhinus*, dont le caractère principal est d'avoir les narines cloisonnés. Avec ces dents, nous avons découvert des fragmens d'humérus, de cubitus, des os du carpe et du métacarpe, qui indiquent également la même espèce; mais comme ces fragmens sont extrêmement brisés, et que d'ailleurs ils n'ont rien de particulier, il nous parait inutile de nous appesantir sur leur description, qui n'apprendrait rien de nouveau. Nous observerons seulement que, d'après les dents, nos rhinocéros devraient être, non-seulement adultes, mais vieux, leurs molaires étant extrêmement usées. Les deux espèces de rhinocéros ensevelies dans les cavernes de Lunel-Vieil ne sont donc pas les mêmes que celles d'Argou, puisqu'elles se rapportent aux *rhinoceros leptorhinus* et *minutus*; tandis que le *rhinoceros tichorhinus* se trouve aussi-bien dans les sables marins tertiaires des environs de Montpellier, que dans les limons sablonneux des cavernes d'Argou. Ainsi, à l'époque de ces différens dépôts, il existait trois

espèces distinctes de rhinocéros ; point de fait qui, réuni avec ceux que l'on connaît déjà, prouve que les pachydermes, comme les ruminans, étaient, à cette époque, singulièrement en excès sur les autres mammifères terrestres.

Enfin, le genre cochon ou sanglier n'a été reconnu que par une seule vertèbre lombaire, qui paraît avoir été une dernière. Quoique ce genre n'y soit signalé jusqu'à présent que par cet os unique, son existence dans les cavernes d'Argou ne nous en paraît pas moins bien constatée. L'espèce de sanglier à laquelle se rapporte cet os unique devait être grande et forte.

*Solipèdes.*

Nous avons déjà observé que les animaux dont les débris ont été entraînés dans les cavernes d'Argou avaient les âges les plus différens lorsqu'ils ont été saisis par les alluvions. Parmi le petit nombre d'espèces ensevelies au dehors et au dedans de ces cavernes, il en est un dont on peut fixer l'âge avec une grande certitude, c'est le cheval. On sait en effet que, par la manière dont les incisives des chevaux sont creusées comme par l'espèce d'usure de leurs canines, on peut juger de leur âge.

En appliquant ces principes à nos chevaux fossiles, on reconnaît que les dents que l'on en découvre signalent des chevaux d'âges très-différens, puisque certaines de ces dents se rapportent à des individus qui peuvent avoir de six à sept ans, d'autres, onze ou douze, enfin quelques-uns, dix-sept ou dix-huit ans ; tandis que, d'un autre côté, l'on trouve des dents de lait ou des germes qui annoncent des individus tout-à-fait jeunes.

Quant aux ossemens eux-mêmes, ils indiquent des chevaux de la plus haute et de la plus forte stature, ce que certaines dents confirment, et d'autres individus d'une taille ordinaire; du reste, à Argou comme à Bize, les débris de chevaux sont de beaucoup les plus abondans.

*Ruminans.*

Les ruminans de la caverne d'Argou se rapportent à trois genres principaux, les bœufs, les moutons et les cerfs; leurs débris n'y paraissent pas trop abondans, surtout relativement à ceux des chevaux qui y ont été entraînés en si grand nombre.

Les bœufs, dont on découvre les débris à d'Argou, se rapportent à de fort grandes espèces, telles, par exemple, que l'aurochs, sorte de bœufs qui devaient être fort répandus dans nos contrées méridionales, à l'époque du remplissage de nos cavernes, puisque ces débris abondent dans nos cavités souterraines de Bize, de Saint-Martin de Londres, de Pondres, de Souvignargues et de Lunel-Vieil. Il est probable qu'avec cette espèce il en existe une autre dans les cavernes d'Argou; mais celle-ci, plus petite, avait au plus la taille de notre bœuf domestique. Du reste, les débris de l'une et de l'autre espèces signalent des individus d'âges très-différens; en sorte qu'il en a été des bœufs comme des chevaux. Les dents qui appartiennent à ce genre de ruminans ne laissent point de doute à cet égard, et partout les espèces de nos cavités souterraines annoncent qu'ils y ont été entraînés à des époques très-différentes de leur existence.

Les moutons fossiles de la caverne d'Argou ont appar-

mu à de grandes espèces, à en juger du moins par la rosseur et le volume des dents que nous y avons découertes, et qui, comparées avec celles des plus grands adividus de ce genre, ont paru beaucoup plus fortes ans toutes leurs proportions, comme nous avons pu ire cette comparaison sur un assez grand nombre de ents. La supériorité, sous le rapport de la taille et de a force de nos moutons fossiles, sur l'espèce vivante, ous paraît suffisamment établie. Nous ne croyons pas ependant que ces moutons fossiles constituent une spèce différente de nos moutons actuels; car nous 'avons pu trouver entre eux aucun caractère tiré, soit les ossemens, soit des dents, qui puisse être considéré omme spécifique; la différence dans la taille et le olume ne pouvant servir qu'à signaler des variétés, et ion à caractériser des espèces.

Les débris qui signalent des ruminans du genre cerf ont peu nombreux à Argou. Ils y indiquent deux spèces, l'une d'une grande taille, et l'autre d'une taille noyenne; la première appartenait au sous-genre des *inoglochis* ou au genre *capreolus*, qui avait le maître ndouiller éloigné de la couronne : ce chevreuil semble e rapporter à une espèce que nous avons découverte lans la caverne de Bize, et que M. de Christol a nommée *capreolus Tournalii*, en l'honneur de M. Tournal fils, de Narbonne, auquel nous devons les connaissances de ces cavernes. Mais, comme nous n'avons point trouvé de bois de ce chevreuil, nous n'oserions réellement assurer que notre espèce fût le *capreolus Tournalii*, malgré la comparaison des ossemens, parce que l'on sait combien les bois sont nécessaires pour la dis-

tinction des espèces de cerf. La seconde espèce, dont nous possédons un bois, était certainement un véritable cerf, puisqu'elle avait le maître andouiller éloigné du tubercule de la couronne, et faisait partie du sous-genre *catoglochis* ou du genre *cervus* proprement dit. L'espèce que nous possédons semble se rapporter au *cervus Reboulii* qui se trouve également dans les cavernes de Bize. Celle-ci, plus petite que le cerf commun (*cervus elaphus*) et que le *capreolus Tournalii*, devait être extrêmement agile et élancé, à en juger par la disposition de ses canons, ainsi que par les formes élégantes et arrondies des poulies articulaires qui terminent les métacarpiens et les métatarsiens. Le *capreolus Tournalii*, dont la taille surpassait celle du cerf commun, et qui était mieux armé, devait être plus lourd, moins agile, d'après la conformation de ses canons et celle des surfaces articulaires qui les terminent. Les dents, comme les os, signalent donc deux espèces de cerf, c'est-à-dire, un chevreuil et un cerf proprement dit : celles-ci, comme les autres espèces, ensevelies dans les cavernes d'Argou, y ont été entraînées dans des âges différens.

Il est fâcheux de ne pouvoir déterminer d'une manière plus précise les diverses espèces fossiles qui composent la population de nos cavernes ; mais les débris qui en font reconnaître les genres ne sont pas assez entiers pour permettre d'en déterminer les espèces avec une complète certitude : si nous l'avons cependant fait pour quelques-unes d'entre elles, comme, par exemple, pour le rhinocéros, c'est que nous avons découvert des dents assez entières pour rendre cette détermination certaine, et d'autant plus que la même espèce ayant laissé de nom-

ıris dans les sables marins des environs de Mont-
il nous a été facile de comparer les dents du
ıs de la caverne d'Argou avec les premières;
ne il existe entre elles la plus grande analogie,
ıvons conclu que notre rhinocéros devait être
*:inus*, et différait des espèces fossiles du même
ıt les débris ont été entraînés dans la caverne
-Vieil.

ımé, quoique le nombre des ossemens que l'on
les cavernes d'Argou soit des plus considé-
ies espèces que ces ossemens signalent n'y sont
ıdant en grand nombre, puisqu'on les voit bor-
pt ou huit espèces.

:averne a cela de commun avec celle de Bize,
ffre peu de débris de carnassiers, si toutefois il y
; ce qui est fort douteux d'après nos recherches.
carnassiers n'ont pas opéré généralement l'amon-
t de tant d'ossemens dans les cavités souterraines;
ıcellement a plutôt été produit par une cause du
nre que celle qui a accumulé tant de coquilles et
débris organiques dans des localités extrême-
ı étendues. Les alluvions qui ont eu lieu d'une
plus active dans l'ancienne période alluviale,
donc entraîné cette grande masse d'ossemens
:avités souterraines, de la même manière qu'elles
épandus sur la surface du sol avec la plus grande
ité, ou en les accumulant par fois avec d'autres
rganiques. Cette conclusion est d'autant plus
elativement aux ossemens disséminés dans la
l'Argou, que ces ossemens sont tout aussi abon-
lehors qu'au dedans de cette cavité, et que, pour



celle-ci, l'aspect des lieux prouve que les limons à ossemens doivent y être arrivés par le couloir étroit qui la termine vers sa partie la plus élevée. Il est du moins certain que ces limons à ossemens n'ont pu y parvenir par la grande ouverture, puisque son niveau est de beaucoup inférieur au sol sur lequel les limons ont été disséminés; et que, d'ailleurs, elle est dominée par des pentes presqu'à plomb, qui n'auraient pas permis aux terres d'alluvion de s'y arrêter. Il en est de même des rochers inférieurs à cette ouverture, en sorte que l'on ne voit pas trop par où les terres d'alluvion auraient pu être entraînées, si ce n'est par l'ouverture du couloir, la seule qui existe au-dessus du niveau du sol de la caverne, et la seule dans l'intérieur de laquelle existent les mêmes limons à ossemens que l'on voit ensuite disséminées sur les diverses salles successives qui composent la caverne d'Argou.

L'ensemble des faits que nous présentent les cavernes à ossemens, et qui sont d'autant plus remarquables qu'on les voit partout coïncider avec des lois générales, lorsqu'on les étudie sans prévention et sans idée préconçue, semble démontrer que ce genre de phénomènes si général (1) et si analogue à celui que nous offrent les brèches

(1) Ce phénomène est en effet si général que, depuis la découverte que nous avons faite des cavernes à ossemens de Lunel-Vieil, on en observe chaque jour dans le midi de la France. Ainsi, à deux lieues au nord-est des premières, MM. de Christol et Dumas ont signalé celles de Pondres et de Souvignargues. M. de Vilbad en a indiqué dans les environs du Vigan; nous, dans les environs de Saint-Martin de Lon-

osseuses est un véritable phénomène géologique et un effet de pur remplissage.

---

## Nouveau *principe immédiat retiré de l'albumine.*

Par Mr J. P. Couerbe.

Plusieurs physiologistes ont soupçonné que l'albumine n'était pas un principe immédiat. M. de Blainville, dans une de ses leçons orales, a même semblé adopter cette opinion; mais, jusqu'aujourd'hui, on n'avait obtenu aucun résultat qui justifiât ce soupçon. Les faits que je présente suffisent, je crois, pour faire considérer l'albumine comme composée au moins de deux principes différens entre eux, soit par leurs propriétés physiques, soit par leur composition. Je suis loin de regarder mon travail comme complet; mais les résultats me paraissent curieux, et je m'empresse de les publier.

J'ai abandonné à elle-même une solution concentrée d'albumine provenant d'un œuf; c'était à une époque où la température variait de 0 à — 8°, température que je crois indispensable pour que le phénomène se produise; ce-

---

dres; M. Tournal, à Bize, près de Narbonne, et enfin, M. Farines et nous, à Argou, près de Perpignan. Nous croyons, de plus, en faire connaître d'autres encore, lorsque nos occupations habituelles nous permettront de nous déplacer, et de suivre les nouvelles indications qui nous ont été données à cet égard.

pendant je n'ose affirmer qu'il ne puisse se produire dans d'autres circonstances. La masse albumineuse, sans se congeler, s'épaissit un peu, et donna, au bout d'un mois, un réseau membraneux assez abondant, et un liquide sur lequel j'ai fait peu d'essais. Pendant ce laps de temps, il ne s'est dégagé aucun gaz putride. Le liquide m'a donné, par sa décomposition, du carbonate d'ammoniaque; ce qui prouve qu'on doit le considérer comme la partie animale de l'albumine. Le réseau membraneux a été, au contraire, l'objet de toute mon attention, et m'a présenté les propriétés suivantes:

Il est solide, blanc, translucide, d'une structure membrano-foliacée, insipide, inodore, et se réduisant facilement en poudre.

Exposé à l'action de la chaleur dans un tube fermé à l'une de ses extrémités, il se décompose sans se fondre, et donne tous les produits d'une substance non azotée; pendant la calcination, il se boursoufle, donne un charbon léger, volumineux, et assez difficile à incinérer. Traité par l'oxide de cuivre dans un tube de verre propre à obtenir les gaz, cette substance ne m'a donné que de l'eau et de l'acide carbonique.

L'eau froide ne dissout aucune portion du réseau membraneux; seulement elle se loge entre ses lames foliacées et le ramollit; l'eau bouillante le gonfle sans le dissoudre, le divise un peu, et lui donne l'aspect d'un mucilage insoluble.

L'alcool, l'éther sulfurique, l'acide acétique sont sans action sur lui à froid et à chaud.

A la température ordinaire, cette même substance ne fait que se gonfler légèrement dans l'acide sulfurique

concentré ; mais, à l'aide de la plus légère chaleur, elle est carbonisée, et dégage une odeur aromatique agréable ; le mélange est insoluble dans l'eau ; l'acide seulement s'y unit, et le charbon se précipite ou reste en partie en suspension.

L'acide nitrique à froid n'exerce qu'une faible action sur le réseau membraneux ; à chaud, il le dissout avec dégagement de gaz nitreux.

Le meilleur dissolvant de la nouvelle matière est l'acide hydro-chlorique chaud ; la dissolution est incolore, et ne se trouble pas par le refroidissement : en étendant d'eau la dissolution, elle se trouble en blanc, et laisse déposer une poudre d'une ténuité extrême.

Soumise à l'action de la potasse à l'alcool, la substance membraneuse de l'albumine se dissout à l'aide d'un peu de chaleur ; en saturant l'alcali par l'acide muriatique, le mélange se trouble en blanc, mais ne laisse rien déposer, du moins pendant l'espace de vingt-quatre heures.

Tels sont les essais auxquels j'ai soumis cet élément organique ; je me propose de rechercher s'il est contenu dans les autres variétés d'albumine.

---

## MÉMOIRE *sur l'acide quinique et ses combinaisons avec les bases salifiables.*

Par MM. HENRY fils et A. PLISSON.

(Extrait.)

MALGRÉ les immenses recherches et les importans travaux qui ont été entrepris sur les quinquinas, nous

avons cru devoir nous occuper encore d'un produit extrait de ces écorces : mais c'est le sort des plus belles découvertes ; le nombre et l'habileté des chimistes auxquels elles sont dues inspirent à chacun le désir d'y attacher son nom par de nouvelles expériences capables, soit de confirmer ce qu'ils ont dit, soit de constater des faits qui ont pu leur échapper. Cette réflexion nous est applicable aujourd'hui pour l'histoire d'un acide que nous avons essayé de rendre plus complète.

### *De l'Acide quinique.*

On sait que M. Vauquelin a donné le nom d'*acide quinique* à l'acide qu'il a le premier isolé d'un sel découvert dans le quinquina par M. Deschamps jeune, et que ce dernier a fait connaître sous le nom de *quinquinate de chaux*. Nous préparons cet acide par plusieurs procédés ; le plus ordinairement nous décomposons le quinate de chaux (quinquinate de M. Deschamps) par l'acide oxalique, comme l'a proposé M. Vauquelin, ou le quinate de baryte par l'acide sulfurique, et nous conduisons l'évaporation au point convenable par une douce chaleur.

Cet acide présente assez bien l'aspect de l'acide tartrique, dont il possède la saveur franche à un moindre degré : ses cristaux, sans odeur, sont tout-à-fait transparens et incolores ; sa densité est de 1,637. Exposé à l'air ou dans le vide à l'action du feu, il se décompose et donne lieu à de l'acide pyro-quinique, ainsi que l'ont observé déjà MM. Pelletier et Caventou. Il est soluble dans l'alcool et dans l'eau ; à la température de $+9°$,

il se dissout dans environ deux fois et demie son poids de ce dernier liquide.

Il est susceptible, sous l'influence de l'eau et du calorique, de transformer la fécule en sucre.

Présenté à l'alcool dans des circonstances convenables, il donne lieu à un composé tout-à-fait comparable à l'éther tartrique de M. Thenard.

Traité par une petite quantité d'acide nitrique et chauffé dans une fiole, il se sublime un acide qui a quelque analogie avec le pyro-quinique : si la quantité d'acide nitrique est plus considérable, il se forme de l'acide oxalique. L'acide sulfurique, avant de le charbonner, lui communique une belle teinte verte.

Il s'unit aux bases salifiables, et forme des sels dont il va être question.

Soumis à l'analyse, en employant le procédé dont l'un de nous a posé les bases à l'occasion de l'acide aspartique, l'acide quinique a été reconnu formé de :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Carbone, | 2 at. | ou en poids de | Carbone, | 34,115. |
| Hydrogène, | 4 at. | | Hydrogène, | 5,560. |
| Oxigène, | 3 at. | | Oxigène, | 60,325. |
| | | | | 100,000. |

Le poids atomistique de cet acide sera donc de 477,834.

## *Des Quinates.*

L'acide quinique, en s'unissant aux bases salifiables, donne lieu à des sels dont nous avons examiné un grand nombre. Nous avons trouvé, par l'analyse, que 100 parties d'acide saturent une quantité de base inorganique, représentée par 4,299 d'oxigène ; d'après cela, les sels de chaux, de baryte et de cuivre sont formés de :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Chaux, | 15,304. | Baryte, | 41,14. | Deutox. cuivre, | 21,31. |
| Acide, | 100. | Acide, | 100. | Acide, | 100. |
| | 115,304. | | 141,14. | | 121,31. |

Nous avons tenté inutilement de former des sels acides, des sels solubles, du moins bien cristallisés; un seul sel basique a été obtenu, c'est le sous-quinate de plomb déjà annoncé.

*Quinate de chaux.* Nous l'obtenons par des moyens à la fois plus prompts et moins dispendieux que ceux décrits jusqu'à ce jour. L'un, entre autres, consiste à réduire en consistance sirupeuse les décoctés sulfuriques de quinquina jaune, dont la précipitation a été faite par la chaux; à traiter la liqueur ainsi rapprochée par de l'alcool, et à faire cristalliser par l'eau la partie que l'alcool n'a pas dissoute. Quelques cristallisations bien dirigées suffisent pour avoir du quinate de chaux très-pur. On parvient bien plus aisément encore à se procurer ce sel, en faisant cristalliser immédiatement les décoctés sulfuriques de quinquina, rendus tout-à-fait incolores par l'hydrate de plomb. (*Journ. de pharm.*, t. XIII.) Le quinate de chaux peut, avec le temps, donner des lames rhomboïdales d'un gros volume; la saveur en est un peu amère; il est très-soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool.

Le *quinate de soude* finit par cristalliser en très-beaux prismes à six pans de la plus grande netteté; il n'éprouve aucune altération à l'air. Par une dessication à 100°, il ne perd pas sensiblement de son poids; ce qui fait croire qu'il ne contient ni eau de cristallisation, ni eau d'in-

terposition. Beaucoup d'autres quinates paraissent être dans le même cas.

Le *quinate de baryte* s'obtient directement, ou en mêlant ensemble deux solutés, l'un de quinate de chaux dans l'alcool à 25°, l'autre d'un excès d'hydrochlorate de baryte dans l'alcool à 35°; le précipité de quinate de baryte, repris par l'alcool faible, fournit des octaèdres aigus de la plus grande régularité : ils deviennent opaques à l'air libre.

Le *quinate d'ammoniaque* devient acide par l'évaporation ; dans cet état, il ne saurait cristalliser régulièrement.

*Quinate de plomb*. Ce sel neutre cristallise difficilement en longues aiguilles : nous avons donné des soins à sa préparation, parce que nous l'avons choisi pour savoir s'il ne présenterait pas le phénomène singulier des carbonides. Plusieurs procédés ont été mis en pratique pour atteindre ce but ; pour nous, nous avons cru devoir leur préférer notre moyen de détermination de l'hydrogène dans les substances organiques par le potassium ; il nous a été ainsi facile de nous assurer que le quinate de plomb bien desséché contenait l'acide quinique sans déperdition d'hydrogène.

Le *quinate d'argent* se prépare par voie directe ; il est très-soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool. Il se décompose très-rapidement à la moindre lumière, ou par une faible chaleur ; aussi serait-il très-difficile de l'analyser exactement.

Nous avons aussi étudié les quinates de *magnésie*, de *soude*, de *potasse*, de *peroxide de fer*, de *manganèse*, de *zinc*, de *nickel*, de *cuivre* et de *mercure* :

comme ces sels ne présentent rien d'extraordinaire, nous les passerons sous silence dans cet extrait de notre Mémoire.

*Sels essentiels fébrifuges des quinquinas.*

Ayant démontré (dans le *Journ. de pharm.*) que les alcaloïdes du quinquina étaient, en grande partie du moins, à l'état de quinates dans cette écorce, il nous a paru tout-à-fait important, pour l'art de guérir, de préparer artificiellement les quinates de quinine et de cinchonine. Nous avons aisément obtenu ce résultat, soit par des unions immédiates, soit par de doubles décompositions.

Le *quinate de quinine* est très-soluble dans l'eau, moins dans l'alcool rectifié; il a une amertume qui rappelle très-fidèlement celle du quinquina jaune. Sa cristallisation s'opère en espèces de croûtes ordinairement mamelonnées et opaques ou demi-translucides. Cristallisé plusieurs fois, il verdit le sirop de violettes: si on désire l'obtenir blanc, il faut faire choix de substances excessivement pures. Comme on peut le produire en décomposant le quinate de baryte par le sulfate de quinine, il est évidemment formé de :

| | |
|---|---|
| Quinine, | 194,2; |
| Acide, | 100. |
| | 294,2. |

Le *quinate de cinchonine* est plus soluble que celui de quinine; son amertume est un peu plus astringente que celle de ce dernier composé; il cristallise assez difficilement; ce n'est qu'en lui accordant plusieurs jours

u'il se décide à se prendre en une masse d'aiguilles oyeuses et nacrées. Il est formé de :

| | |
|---|---|
| Cinchonine, | 165,4 ; |
| Acide, | 100. |
| | 265,4. |

Puisque les quinates de quinine et de cinchonine réexistent dans le quinquina, il nous paraît évident ue, en administrant ces sels, le médecin doit employer es principes essentiellement fébrifuges, et obtenir, plus ûrement qu'avec aucune autre préparation de quinuina, des effets thérapeutiques mieux en harmonie vec les propriétés découvertes dans l'écorce de ce préieux végétal. Nous ne pousserons pas plus loin nos résomptions, et nous confions à messieurs les médecins e soin de vérifier si le quinate de quinine doit être préféré au sulfate de la même base, et s'il peut, quand elui-ci vient à échouer, faire obtenir des succès attendus nutilement jusqu'à ce jour.

*Quinate de morphine*. Ce sel est très-soluble dans 'eau ; il se prend en masse gommeuse par une évaporation lente ou rapide, etc., etc.

## Sur *l'Acide phosphorique*.

Par M. Gay-Lussac.

M. Engelhart a fait l'observation que l'acide phosphoique récemment fondu et dissous dans l'eau précipitait 'albumine ; propriété qu'il ne possédait point avant,

et qu'il perd après avoir été conservé quelque temps en dissolution.' (*Ann. de Phys.*, t. XXXVI, p. 110.) Plus tard, M. Clark a découvert que le phosphate de soude, exposé à une chaleur rouge, acquérait des propriétés nouvelles, différentes de celles qu'il avait avant sa calcination. Il devient moins soluble, renferme moins d'eau de cristallisation, change de forme et précipite en blanc le nitrate d'argent, tandis qu'avant sa calcination il le précipitait en jaune. (*Ann. de Phys.*, t. XLI, p. 276.)

Ces deux observations de M. Engelhart et de M. Clark me paraissant avoir de l'analogie, j'ai fait quelques essais pour vérifier mes soupçons.

J'ai pris de l'acide phosphorique liquide qui était depuis long-temps dans mon laboratoire, et, après m'être assuré qu'il ne précipitait pas l'albumine, j'en ai saturé une partie avec du carbonate de soude. Le phosphate que j'ai obtenu a précipité le nitrate d'argent en jaune.

Une autre portion du même acide, calcinée, puis saturée de soude, a précipité le nitrate d'argent en blanc.

Enfin, du phosphate de soude calciné a été décomposé par l'acétate de plomb, et le phosphate de plomb obtenu l'a été par l'hydrogène sulfuré. L'acide phosphorique séparé a précipité l'albumine, et, combiné avec la soude, il a précipité le nitrate d'argent en blanc.

Il résulte de ces observations que le changement remarquable de propriétés, observé par M. Clark dans le phosphate de soude calciné, est dû à celui qu'éprouve l'acide phosphorique dans les mêmes circonstances. Ce qui le prouve encore, c'est que le phosphate de

potasse et le phosphate d'ammoniaque, faits avec l'acide phosphorique calciné, précipitent le nitrate d'argent en blanc, et que le phosphate de potasse ordinaire acquiert aussi la même propriété par la calcination.

D'après ces résultats, que le temps ne m'a pas permis de multiplier autant que je l'aurais désiré, l'opinion de M. Clark sur la cause du phénomène doit être modifiée. Ils suffisent néanmoins pour faire penser que l'on trouvera des différences remarquables entre la plupart des phosphates avant et près leur calcination, ou entre les phosphates faits avec de l'acide phosphorique calciné et non calciné. Il est à remarquer que la modification qu'éprouve l'acide phosphorique par la chaleur est beaucoup plus permanente, lorsqu'il est combiné avec une base que lorsqu'il est seulement en dissolution dans l'eau. J'espère pouvoir donner d'autres détails dans quelque temps.

---

## Sur *la décomposition des dissolutions métalliques par les gaz hydrogènes phosphorés.*

Par Mr H. Rose.

Les deux gaz hydrogènes phosphorés se comportent autrement avec les dissolutions métalliques que le gaz hydrogène sulfuré. Il se forme de l'eau ; mais, au lieu de phosphure métallique, on obtient de l'acide phosphorique, et le métal est réduit. Peu d'oxides métalliques se laissent cependant réduire par l'hydrogène phosphuré ; on ne compte, dans ce cas, que ceux dont l'affinité pour l'oxigène est très-faible, et qui sont réduits

par le phosphore. Ainsi les dissolutions des métaux appelés *nobles* sont décomposées le plus facilement; celles du cuivre le sont plus lentement, et celles du plomb plus difficilement encore.

Le précipité que font les deux gaz hydrogènes phosphorés dans la dissolution d'or est de l'or réduit; on n'obtient pas de phosphure, même avec un excès d'hydrogène phosphuré.

Toutes les dissolutions d'argent sont décomposées; on obtient un précipité brun, qui finit par devenir d'un blanc gris métallique, et qui n'est que de l'argent, sans trace de phosphore; il se forme de l'acide phosphorique.

M. Rose avait pensé que, d'après la quantité d'argent réduit et celle d'acide formé, il pourrait déterminer la composition des gaz hydrogènes phosphorés; mais les résultats qu'il a obtenus avec la dissolution de sulfate d'argent sont très-discordans. Ainsi, pour 100 d'argent réduit il a obtenu 8,0; 11,5; 8,4; 9,2; 11,2; 13,8; 9,6 d'acide phosphorique. Ce procédé ne mérite donc aucune confiance.

Le sulfate de cuivre, décomposé par l'hydrogène perphosphoré, donne une poudre noire qui est du cuivre réduit, et le liquide contient une quantité correspondante d'acide phosphorique.

Les dissolutions de mercure se comportent autrement avec l'hydrogène phosphoré que celles des métaux cités, de la même manière sans doute qu'avec l'hydrogène sulfuré. M. Rose se propose d'en faire un examen particulier.

M. Rose, comme on le voit, n'admet point la formation de phosphures pendant la décomposition de quel-

ques dissolutions métalliques par l'hydrogène phosphuré ; mais on aura remarqué, dans la Note de M. Buff (p. 220), que, immédiatement après la précipitation du sulfate de cuivre par l'hydrogène phosphuré, il n'y avait pas d'acide phosphorique dans la dissolution, et qu'il n'en a obtenu qu'après avoir traité le précipité brun par l'eau régale.

(*Annalen der Physik*, t. XIV, p. 183.)

---

## Sur *le traitement des minéraux siliceux par les carbonates alcalins.*

La fusion facile, que M. Berthier a observée dans un grand nombre de sels mélangés dans des proportions atomiques, peut être appliquée au traitement des minéraux siliceux par les carbonates de potasse ou de soude sur la lampe à esprit-de vin. Si l'on fait un mélange de cinq parties de carbonate de potasse et de quatre de carbonate de soude, ce mélange fondra si facilement que l'on pourra en mettre 15 grammes en parfaite fusion sur la lampe à esprit-de-vin, à double courant d'air. Si l'on ajoute du sable au mélange, il se produit une aussi vive effervescence que lorsqu'on verse un acide sur les carbonates alcalins. Cette effervescence occasionne un jaillissement de la matière ; et, par une trop forte addition du minéral siliceux, la masse devient en outre trop difficile à fondre lorsque le minéral n'a pas été réduit en poudre très-fine et intimement mélangé. C'est pour cela qu'il faut commencer par le mélanger avec les deux carbonates. On peut ainsi décomposer très-promptement plusieurs grammes de feld-spath sur la lampe à esprit-de-vin.

(*Annalen der Physik*. 1828.)

---

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL | VENTS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | à midi. | à midi. |
| 1 | 751,76 | +19,2 | 69 | 749,80 | +22,7 | 61 | 747,75 | +24,5 | 58 | 745,80 | +19,0 | 80 | +24,5 | +15,7 | Petites éclaircies. | S |
| 2 | 749,32 | +19,0 | 60 | 750,47 | +21,8 | 58 | 750,75 | +21,3 | 51 | 751,42 | +15,5 | 64 | +21,8 | +14,1 | Nuageux. | S. O. |
| 3 | 750,37 | +18,2 | 75 | 749,10 | +21,7 | 60 | 747,60 | +22,2 | 62 | 746,77 | +17,0 | 84 | +22,2 | +14,0 | Eclaircies. | S S O fort. |
| 4 | 751,90 | +18,7 | 65 | 750,93 | +21,0 | 69 | 749,58 | +19,8 | 69 | 750,30 | +15,8 | 84 | +21,0 | +15,3 | Couvert. | S. fort. |
| 5 | 749,55 | +18,7 | 75 | 748,80 | +21,7 | 67 | 749,66 | +21,2 | 64 | 753,50 | +15,2 | 68 | +21,7 | +13,7 | Quelques éclaircies. | S. O. fort |
| 6 | 756,45 | +18,0 | 73 | 756,90 | +21,0 | 70 | 757,07 | +21,0 | 70 | 758,53 | +16,3 | 77 | +21,0 | +14,0 | Nuageux. | O. S. O. fort. |
| 7 | 757,54 | +22,0 | 59 | 756,20 | +23,0 | 59 | 755,12 | +22,5 | 59 | 754,40 | +18,5 | 66 | +23,0 | +16,0 | Nuageux. | S. O. très-fort |
| 8 | 754,77 | +19,3 | 63 | 753,70 | +22,8 | 57 | 752,10 | +22,5 | 53 | 748,32 | +19,8 | 60 | +22,8 | +14,5 | Nuageux. | S. O. |
| 9 | 746,30 | +16,0 | 80 | 748,65 | +16,7 | 77 | 752,00 | +16,2 | 77 | 754,50 | +14,2 | 76 | +16,2 | +12,0 | Couvert. | N. O. très-fort. |
| 10 | 756,30 | +17,7 | 60 | 755,52 | +20,5 | 56 | 754,56 | +21,3 | 50 | 752,35 | +16,0 | 70 | +21,3 | +12,8 | Couvert. | S. O. |
| 11 | 747,87 | +18,2 | 79 | 746,93 | +18,7 | 79 | 744,72 | +21,0 | 75 | 744,63 | +15,3 | 89 | +21,0 | +14,5 | Pluie fine. | S. |
| 12 | 746,23 | +17,5 | 78 | 747,00 | +21,8 | 66 | 747,43 | +18,8 | 68 | 749,90 | +16,3 | 82 | +21,8 | +15,2 | Quelq. pet. éclairc. | S. O. fort. |
| 13 | 751,81 | +17,5 | 88 | 751,78 | +22,0 | 82 | 752,30 | +24,2 | 68 | 754,60 | +19,0 | 76 | +24,2 | +16,0 | Pluie fine. | S. O fort. |
| 14 | 754,91 | +26,7 | 68 | 754,06 | +29,0 | 65 | 753,60 | +29,8 | 57 | 754,92 | +22,5 | 80 | +30,0 | +20,5 | Superbe. | S. |
| 15 | 757,00 | +24,0 | 69 | 756,50 | +26,2 | 65 | 755,70 | +27,4 | 60 | 754,90 | +20,5 | 75 | +27,4 | +17,1 | Couvert. | N. O. |
| 16 | 755,03 | +16,3 | 85 | 756,80 | +17,3 | 78 | 756,64 | +20,3 | 58 | 758,40 | +16,0 | 78 | +20,3 | +14,0 | Pluie très-fine. | O |
| 17 | 757,62 | +20,5 | 64 | 756,38 | +20,5 | 62 | 754,70 | +20,5 | 62 | 751,86 | +16,8 | 88 | +21,7 | +15,5 | Quelques éclaircies. | S. |
| 18 | 752,50 | +18,5 | 77 | 752,04 | +18,4 | 70 | 751,94 | +18,8 | 70 | 752,70 | +15,5 | 87 | +20,5 | +15,3 | Couvert. | S. O. fort |
| 19 | 753,60 | +19,5 | 74 | 753,50 | +21,0 | 67 | 753,24 | +19,5 | 69 | 754,66 | +14,0 | 83 | +21,0 | +13,0 | Eclaircies. | O. S. O. fort. |
| 20 | 762,80 | +18,5 | 68 | 759,47 | +19,0 | 61 | 759,47 | +14,3 | 84 | 760,54 | +14,8 | 75 | +19,0 | +13,0 | Nuageux. | O fort |
| 21 | 763,06 | +18,2 | 72 | 763,36 | +21,7 | 68 | 763,18 | +21,2 | 56 | 761,78 | +16,7 | 66 | +21,7 | +13,2 | Nuageux. | O. |
| 22 | 763,93 | +23,0 | 60 | 763,13 | +23,6 | 58 | 760,24 | +23,8 | 54 | 761,35 | +19,0 | 66 | +23,8 | +17,0 | Nuageux. | S. O |
| 23 | 760,42 | +25,2 | 59 | 759,70 | +25,2 | 59 | 758,46 | +25,3 | 59 | 757,28 | +22,2 | 69 | +25,4 | +18,7 | Beau. | S. E. |
| 24 | 754,52 | +26,0 | 65 | 753,82 | +29,0 | 55 | 753,00 | +29,8 | 53 | 753,28 | +22,5 | 75 | +31,3 | +16,3 | Vaporeux. | S E |
| 25 | 754,77 | +21,0 | 70 | 753,50 | +20,5 | 75 | 754,33 | +25,7 | 74 | 753,87 | +21,5 | 76 | +25,7 | +17,0 | Couvert | N. |
| 26 | 754,10 | +20,0 | 82 | 753,84 | +25,3 | 79 | 753,57 | +22,2 | 80 | 753,93 | +17,0 | 90 | +25,3 | +15,6 | Couvert. | O. S. O |
| 27 | 755,67 | +14,5 | 86 | 756,35 | +16,2 | 83 | 756,92 | +18,2 | 80 | 758,65 | +14,2 | 86 | +18,2 | +13,0 | Pluie fine. | N |
| 28 | 758,82 | +17,8 | 62 | 757,87 | +19,3 | 54 | 756,56 | +21,8 | 48 | 755,00 | +16,3 | 70 | +22,0 | +13,8 | Eclaircies. | N. |
| 29 | 750,50 | +17,2 | 82 | 749,86 | +20,6 | 66 | 749,75 | +19,0 | 69 | 750,40 | +12,7 | 88 | +21,2 | +12,5 | Couvert. | S. |
| 30 | 749,62 | +16,8 | 80 | 749,30 | +17,5 | 72 | 749,03 | +16,3 | 80 | 750,14 | +13,5 | 88 | +17,5 | +12,3 | Pluie. | S. |
| 31 | 754,86 | +16,2 | 75 | 755,50 | +18,7 | 56 | 756,30 | +18,0 | 63 | 758,36 | +14,5 | 83 | +18,7 | +12,2 | Couvert. | O. N. O. fort. |
| 1 | 753,43 | +18,7 | 69 | 752,01 | +21,3 | 63 | 751,62 | +21,2 | 61 | 751,59 | +16,7 | 73 | +21,6 | +14,2 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 753,87 | +19,7 | 75 | 753,45 | +21,4 | 69 | 752,97 | +21,5 | 67 | 753,02 | +17,1 | 81 | +22,5 | +15,4 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 12,760 |
| 3 | 756,39 | +19,6 | 72 | 756,02 | +21,6 | 66 | 755,76 | +21,9 | 65 | 750,02 | +17,3 | 78 | +22,8 | +15,1 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 12,620 |
| | 754,62 | +19,3 | 73 | 753,89 | +21,1 | 66 | 753,52 | +21,5 | 65 | 753,78 | +17,0 | 77 | +22,3 | +14,8 | Moyennes du mois, | + 18,6. |

# Sur *deux nouveaux phosphates de manganèse et de fer.*

Par M. Dufrénoy, ingénieur des Mines.

On ne connaissait, il y a quelques années, qu'un seul phosphate de fer et de manganèse. M. Alluau de Limoges en a découvert deux nouveaux, qui diffèrent, par tous leurs caractères, du phosphate anciennement connu. Ils ne peuvent non plus être rapprochés l'un de l'autre, leur forme et leur composition étant essentiellement différentes. M. Alluau a indiqué, dans les *Annales des Sciences naturelles*, les caractères généraux de ces phosphates auxquels il a donné les noms de *Huraulite* et de *Hétépozite*.

Parmi les échantillons dont il a enrichi la collection de l'Ecole royale des mines, il y en a un, qu'il m'a offert, des petits cristaux d'Huraulite assez nets pour être mesurés par le goniomètre à réflexion : ce qui m'a permis d'étudier la forme de cette substance et de déterminer sa cristallisation, que M. Alluau n'avait pas fait connaître. J'ai en outre analysé les deux phosphates, et comme les résultats que j'ai obtenus présentent quelques différences avec ceux que M. Vauquelin a publiés dans le tome XXX des *Annales de Chimie*, je les donnerai à la suite des caractères extérieurs.

L'un de ces phosphates contient une très-grande quantité d'eau et de manganèse; l'autre, qui renferme encore une certaine quantité d'eau, est beaucoup plus riche en fer qu'en manganèse. Ce dernier est seulement lamel-

leux; la forme qui dérive de son clivage ne peut se rapporter à celle de l'Huraulite.

## I. *De l'Huraulite.*

La forme primitive de cette substance est un prisme rhomboïdal oblique, analogue à la forme du pyroxène; sa base repose sur l'arête aiguë. Les angles de ce prisme sont de 117°.30 et 62°.30.

Les seules formes que j'aie observées sont :

1°. Un prisme rhomboïdal surmonté d'un biseau fort incliné, dont l'angle est de 88°;

2°. Le même ayant des troncatures sur les arêtes latérales aiguës, de sorte qu'il présente la forme d'un prisme à six faces irrégulier et oblique, surmonté d'un biseau.

Les cristaux, au plus de la grosseur d'une tête d'épingle, sont accolés latéralement à la manière des cristaux de stilbite; les faces de la troncature et du biseau sont nettes et miroitantes : quant à celles du prisme, elles sont cannelées en longueur. La petitesse des cristaux et ces stries apportent de l'incertitude sur la mesure des angles; cependant le grand nombre de fois que j'ai mesuré ces cristaux et quelques vérifications me font espérer que les valeurs que je vais donner approchent beaucoup de la vérité.

Angles principaux.

*M* sur *M*. = 62°.30'*.
*M* sur *M'*. = 117°.30'*.
*S* sur *S* = 88[illegible]'*.

*P* sur *r* ou *g* (arête du biseau) sur *r*. = 112°.00′ *.
*P* sur *M*. = 101°.13′ 16″.
*S* sur *r*. = 105°. 4′ 57″.
*S* sur *M*. = 116°.56′ 20″ (1).

| | |
|---|---|
| Angles plans de la base, | 58°.46′ 44″.<br>121°.13′ 16″. |
| *Id.* des faces verticales, | 109°. 3′ 36″.<br>70°.56′ 24″. |

L'Huraulite ne présente aucun clivage; sa cassure est vitreuse.

Sa couleur est un jaune-rougeâtre, un peu plus clair que la couleur de l'hyacinthe. Il est transparent, peu dur.

Il est rayé par l'acier; mais il raie la chaux carbonatée.

Sa pesanteur spécifique est de 2.270.

Cette substance est très-fusible; au chalumeau, on obtient un bouton noir, ayant l'éclat métallique; chauffée dans un matras, elle donne de l'eau.

D'après les caractères extérieurs de ce phosphate, on ne peut le confondre avec aucune autre substance. Sa couleur le rapprocherait peut-être du zircon; mais la forme irrégulière de ses cristaux et sa dureté l'en distinguent facilement.

L'Huraulite forme des petites veinules dans les granites des environs de Limoges. Les seuls échantillons connus ont été trouvés par M. Alluau sur un tas de

---

(1) L'angle de *S* sur *M* a été trouvé par le goniomètre de de 116°, au lieu de 116°.56′, valeur obtenue par le calcul.

Les angles suivis d'un * ont été mesurés; les autres sont le résultat du calcul.

blais amassés pour l'entretien de la route. Il est associé du phosphate de fer fibreux, d'un vert olive.

*Analyse.* L'échantillon que j'avais à ma disposition étant assez petit, je n'ai pu faire l'analyse que sur deux grammes.

J'ai d'abord dosé l'eau en calcinant la substance dans un petit matras. Elle a perdu 18 pour cent par cette opération, qui ne l'a nullement fait changer de couleur. Pour mieux m'assurer si l'eau était entièrement chassée, j'ai chauffé cette poussière au rouge dans un creuset de platine, et j'ai trouvé sensiblement le même résultat; j'ai ensuite séparé la poudre calcinée en deux portions égales, et, pour être plus sûr de mes résultats, j'ai fait en même temps deux analyses.

J'ai suivi le procédé indiqué par M. Berzelius, qui consiste à dissoudre le phosphate dans un acide, et à le décomposer ensuite au moyen d'un hydro-sulfate, que l'on laisse digérer sur le précipité pendant quelque temps. On isole ainsi le fer et le manganèse à l'état de sulfure, et l'acide phosphorique se combine avec l'ammoniaque.

Après avoir séparé les sulfures du phosphate d'ammoniaque, j'ai précipité l'acide phosphorique à l'état de phosphate de chaux en versant du muriate de chaux dans la liqueur.

Quant aux sulfures, je les ai dissous dans l'acide nitro-muriatique pour faire passer le fer au *maximum*. J'ai d'abord séparé une grande partie de ce métal en versant goutte à goutte dans la liqueur un carbonate alcalin, puis j'ai précipité le fer restant et le manganèse au moyen d'un excès de ce carbonate. Le précipité, bien lavé, a été

[redacted]



dissous dans l'acide acétique ; enfin on a complètement séparé l'oxide de fer de l'oxide de manganèse en évaporant cette liqueur à siccité et en reprenant le résidu par l'eau bouillante.

Les deux analyses m'ayant donné des résultats presque identiques, j'ai réuni leurs produits en une seule somme. Les deux grammes d'Huraulite contiennent :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique......... | 0,760 ; |
| Oxide rouge de fer......... | 0,256 ; |
| Oxide rouge de manganèse... | 0,729 ; |
| Eau...................... | 0,360. |
| | 2,105. |

L'augmentation de poids que présentent ces analyses m'a fait présumer que les oxides étaient au *minimum*, ainsi qu'ils le sont ordinairement dans les phosphates naturels ; les proportions que l'on trouve en faisant cette transformation, donnent, au contraire, une somme à peu près égale à la matière employée. En outre, je me suis assuré directement de l'état d'oxidation du fer en dissolvant une certaine quantité de ce phosphate dans l'acide muriatique, et en versant dans la liqueur du prussiate rouge de potasse.

Les oxides étant ramenés au *minimum*, l'analyse devient :

| | | En centièmes. | Oxigène. | |
|---|---|---|---|---|
| Acide phosphorique. | 0,760 | 0,3800 | 0,210 | 8. |
| Oxide de fer........ | 0,230 | 0,1110 | 0,025 | 1 } 4. |
| Oxide de manganèse. | 0,654 | 0,3285 | 0,072 | 3 } |
| Eau.............. | 0,360 | 0,1800 | 0,152 | 6. |
| | 2,004 | 0,9995. | | |

D'après ces proportions, on voit que la quantité d'oxigène des bases est moitié de celle de l'acide, ce qui conduit à la formule assez simple.

$$3\,\ddot{M}^{6}\,\dddot{\ddot{P}}^{4} + \ddot{F}^{5}\,\dddot{\ddot{P}}^{4} + 60\,Aq\,,$$

$$\text{ou } 3\,MaP^{2} + Fe\dot{P}^{2} + 6\,Aq.$$

En cherchant les proportions qui résultent de cette formule, on trouve :

| | | Oxigène. | | |
|---|---|---|---|---|
| Acide phosphorique... | 0,3652 | 0,2046 | 8. | |
| Oxide de fer......... | 0,3495 | 0,0760 | 1 | } 4. |
| Oxide de manganèse... | 0,1123 | 0,0255 | 3 | |
| Eau................. | 0,1726 | 0,1535 | 6. | |
| | 0,9996. | | | |

Cette espèce a été désignée par M. Alluau sous le nom de *Huraulite*, parce qu'elle a été trouvée dans la commune des Huréaux.

## II. *De l'Hétépozite.*

Cette substance n'est encore connue qu'en masses lamelleuses, présentant un clivage triple également facile mais peu net. La forme primitive qui dérive de ce clivage est un prisme rhomboïdal oblique sous l'angle de 100 à 101°; son éclat peu vif et gras est analogue à celui de la chaux phosphatée. Les lamelles ne sont pas assez réfléchissantes pour qu'on puisse se servir du goniomètre à réflexion pour mesurer l'angle compris entre les faces du clivage. La couleur de ce phosphate est un gris verdâtre un peu bleuâtre; il présente alors tout-à-fait l'apparence d'une substance pierreuse. Il éprouve une

certaine altération par l'action de l'air, car les fragmens possédant la couleur que je viens d'indiquer sont peu nombreux, et occupent ordinairement le centre de plus gros morceaux ; cependant j'en ai détaché plusieurs ayant de 2 à 3 lignes de côté. La couleur des parties altérées est un beau violet-évêque ; son éclat vitreux est devenu demi-métallique. Le clivage, rendu plus facile par cette décomposition, est plus terne et encore moins réfléchissant ; seulement, comme les lames sont plus nettes, on peut y appliquer avec plus d'exactitude le goniomètre de M. Haüy.

La dureté de l'Hétépozite non altéré est assez grande ; il raie avec facilité le verre, mais non le quarz. Lorsqu'il est altéré, il est beaucoup moins dur, et il est alors rayé par une lame d'acier.

La pesanteur spécifique du premier est de 3.524 ;
Celle du second est de............ ... 3.390.

Il se dissout dans les acides avec un résidu très-léger de silice ; au chalumeau, il est fusible en émail brun foncé, ayant un éclat demi-métallique.

Pour analyser ce phosphate, on s'est servi du même procédé que pour le premier : la seule différence qu'on ait observée, c'est que le phosphate non altéré, dissous dans l'acide nitrique, a donné un dégagement assez considérable de gaz nitreux ; ce qui prouve, *à priori*, que le fer y est au *minimum*, résultat que nous avons été obligés de déduire du calcul pour la première de ces deux substances.

J'ai fait deux analyses de l'Hétépozite, l'une sur $2^{g}.50$,

l'autre sur 2 grammes ; les résultats étant peu différens, je les ai réunis en une seule somme. Les 4g.50 employés donnent alors les proportions suivantes :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique......... | 1g,880 ; |
| Oxide rouge de fer......... | 1 ,750 ; |
| Oxide rouge de manganèse... | 0 ,809 ; |
| Perte au feu............... | 0 ,198 ; |
| Résidu insoluble (silice).... | 0 ,010. |
| | 4 ,647. |

L'augmentation que l'on remarque est due à la suroxidation des métaux ; en les réduisant au *minimum*, l'analyse devient :

| | | En centièmes. | Oxigène. | |
|---|---|---|---|---|
| Acide phosphorique. | 1,880 | 0,4177 | 0,2340 | 6. |
| Oxide de fer....... | 1,562 | 0,3489 | 0,0793 | 2. |
| Oxide de manganèse. | 0,790 | 0,1757 | 0,0385 | 1. |
| Perte au feu....... | 0,198 | 0,0440 | 0,0390 | 1. |
| Silice............. | 0,010 | 0,0022 | | |
| | 4,440 | 0,9835. | | |

D'après ces proportions, la quantité d'oxigène des bases est encore ici moitié de celle de l'acide. Elles conduisent à la formule suivante :

$$2\,\ddot{F}^{s}\dddot{P}^{4}+\ddot{M}^{s}\dddot{P}^{4}+10\,Aq\,,$$
$$\text{ou }2\,FP^{2}+MP^{2}+10\,Aq.$$

En calculant, d'après ces formules, les proportions exactes de ce phosphate, on trouve celles qui suivent :

| | | Oxigène. | |
|---|---|---|---|
| Acide phosphorique... | 0,4261 | 0,24 | 6. |
| Oxide de fer......... | 0,3502 | 0,08 | 2. |
| Oxide de manganèse... | 0,1810 | 0,04 | 1. |
| Eau.................. | 0,0449 | 0,04 | 1. |
| | 1,0013. | | |

ɩn comparant les deux phosphates que je viens de rire, on voit qu'ils ont entre eux de grandes diffé-ces, et qu'on doit en faire deux espèces distinctes. ıs le premier, la proportion d'eau est considérable, a quantité de fer est très-inférieure à celle du man-èse ; tandis que, au contraire, dans le second, il te très-peu d'eau, et le fer y est dominant. Les formes tallines confirment cette séparation.

ıa composition de ces phosphates s'oppose aussi au prochement qu'on serait peut-être porté à faire avec ıi qui est depuis long-temps connu; de sorte qu'il me ıît certain qu'on doit admettre, dans le système miné-gique, trois combinaisons de phosphate de fer et de ıganèse. Pour qu'on puisse les comparer, je vais ıscrire ici le résultat de l'analyse que M. Berzelius a ː de l'ancien phosphate.

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique........ | 0,3280 ; |
| Protoxide de fer.......... | 0,3190 ; |
| Protoxide de manganèse... | 0,3260 ; |
| Phosphate de chaux....... | 0,0320 ; |
| | 1,0050 ; |

conduit à la formule :

$$F^4 P^5 + mg^4 P^5.$$

## Examen *chimique d'une tumeur encéphaloïde.*

Par MM. E. A. R. Serres, membre de l'Institut, et A. Baudrimont.

La tumeur qui fait le sujet de ce Mémoire existait dans toute la profondeur du foie, se prolongeait dans le ligament suspenseur de cet organe, et dans toute l'étendue de l'épiploon qui ne faisait que la recouvrir (1).

Ayant été frappés de l'analogie qui existait entre l'aspect de quelques parties de cette tumeur et la matière cérébrale, mais encore plus par l'odeur tout-à-fait semblable à celle du cerveau, que répandait cette substance, nous pensâmes à déterminer, par des moyens chimiques, si elle n'était réellement pas la matière cérébrale étudiée par M. Vauquelin.

Les quantités d'eau ayant été déterminées par les moyens ordinaires, et avec toutes les précautions nécessaires, pour la distinguer de celle retenue par la capillarité, a été trouvée de 0,65.

20 grammes de la substance encéphaloïde, dont l'eau avait été enlevée par la pression et l'intermède du papier joseph, furent broyés et mélangés avec 5 ou 6 parties d'alcool à 36°. Au bout de 24 heures de macération, on fit bouillir pendant un quart d'heure et l'on filtra. Après

---

(1) Cette tumeur a été trouvée chez une femme morte à l'hôpital de la Pitié. L'observation de la maladie, la description de la tumeur et les remarques auxquelles elle a donné lieu, seront publiées à part dans un des journaux de médecine.

le refroidissement, le liquide était laiteux, et après quelques heures, il commença à laisser déposer une matière floconneuse, blanchâtre, formant des stries légèrement nacrées lorsqu'on remuait le vase qui la contenait. De nouvel alcool étant remis sur la substance non épuisée, soumis ensemble à l'ébullition et filtrés, au bout de vingt-quatre heures, laissèrent déposer des lamelles nacrées de plusieurs millimètres de surface. La substance ayant été de nouveau traitée par l'alcool bouillant, il n'enleva presque plus rien. Toutes les liqueurs réunies furent filtrées à froid; il resta sur le filtre une matière poisseuse, blanche et satinée, qui l'avait tachée comme de l'huile aurait pu le faire. L'alcool filtré, étant soumis à l'évaporation, se troubla et laissa déposer une matière d'un rouge jaunâtre et moins consistante que la précédente parmi laquelle elle se trouvait mêlée. Le restant de l'alcool non évaporé était coloré, précipitait par l'eau de chaux et la teinture de noix de galle, et avait une saveur semblable à celle l'osmazome, mais en partie masquée par l'odeur nauséeuse du cerveau qu'il présentait encore.

Les mêmes essais ont été répétés plus tard pour déterminer la quantité de ces différens élémens : les deux matières grasses qui n'ont pu être suffisamment isolées pesaient ensemble 24 millig.; le résidu évaporé ou l'osmazome impur pesait 16 milligr.

Le résidu du traitement par l'alcool représentait presque, par son volume, celui de la substance employée; il était gris, sec, filandreux dans quelques parties et cassant dans d'autres. Traité par l'eau bouillante pendant plusieurs heures, il lui céda une très-petite

quantité d'un principe qui, après avoir été soumis à la filtration, précipitait par l'infusum de noix de galle, par une certaine quantité d'une dissolution de deuto-chlorure de mercure et se redissolvait dans un excès de la même dissolution; ce qui démontre évidemment que c'était de la gélatine dont le poids était de 24 milligr.

Le résidu était soluble à chaud dans une dissolution de potasse caustique, qu'il colorait fortement, et dans l'acide acétique qu'il colorait beaucoup moins. L'acétate de plomb étant ajouté à la première dissolution, ne précipitait pas en noir, comme l'a remarqué M. Vauquelin, en faisant subir un pareil traitement au résidu insoluble dans l'alcool de la matière cérébrale.

C'était de la fibrine dont le poids était 6 grammes 650 milligr.

*Examen des deux matières grasses obtenues par le traitement alcoolique.*

La matière blanchâtre obtenue par le premier traitement alcoolique de la matière encéphaloïde, jouissait des propriétés physiques qui ont déjà été indiquées; mais, de plus, lorsqu'on l'abandonne dans un vase ouvert, placé dans un endroit, même obscur, elle perd l'humidité qu'elle contient, devient translucide, se colore et paraît alors ressembler à la matière rougeâtre que l'on obtient en faisant évaporer l'alcool d'où la matière blanche s'était déposée.

Cette matière blanche est insoluble dans l'eau, à laquelle elle donne l'aspect d'une dissolution de savon. Si on les fait chauffer ensemble, ou si on y fait passer un

rant d'air, elles forment une multitude de bulles qui èvent les unes sur les autres, et viennent crever à la face. Lorsqu'au contraire la matière blanche est bien ie, elle se boursouffle à peine en fondant. Elle se out dans l'alcool froid, mais beaucoup plus facilement s l'éther; elle ne se liquéfie pas à 100°. La potasse stique, dissoute dans l'eau, n'agit point sur elle, si 'est qu'elle semble en augmenter la consistance. L'a- sulfurique pur et concentré la colore en un rouge cé, moins pourpre et moins beau que celui que prend holestérine placée dans les mêmes circonstances.

'outes ces propriétés ont été étudiées comparativement la matière cérébrale provenant d'un cerveau humain; s il faut que la matière blanche soit bien sèche pour ndre une couleur prononcée par l'acide sulfurique, s quoi elle n'en prendrait qu'une rosâtre, très-pâle.

a matière blanchâtre de la tumeur encéphaloïde étant cée dans un creuset de platine et soumise à l'action la chaleur, se fond et commence à se colo avant la dernière portion ne soit liquéfiée. Si on élève la pérature en plaçant le creuset sur les charbons ardens, commence par répandre une fumée noirâtre, fuligi- ise et très-odorante. Plus tard, la matière s'enflamme épand une fumée blanche, très-épaisse et inodore, nous crûmes un moment être produite par de l'acide sphorique formé par la combustion du phosphore en eur; mais un papier de tournesol humecté avec de u distillée, n'indique pas la présence d'un acide. Le rbon noir et luisant qui restait dans le creuset fut s-long-temps avant d'être incinéré. Les cendres, la- s avec de l'eau distillée bouillante, n'indiquent, par

aucun réactif, la présence de l'acide phosphorique. L'expérience fut répétée avec le couvercle sur le creuset, il en sortit trois jets d'une flamme d'un blanc jaunâtre, fort remarquables par leur forme longue, étroite et lancéolée. Le résidu, incinéré et traité de la même manière par l'eau distillée, présenta le même résultat que dans l'expérience précédente. En traitant cette matière par de l'acide nitrique, on n'en obtint pas davantage. Enfin, en la traitant par du nitrate de potasse dont la pureté nous était connue, le mélange s'enflamma, et après l'avoir tenu en fusion pendant plus d'un quart d'heure, on le laissa refroidir et on le dissolvit dans l'eau distillée; la dissolution fut filtrée, et le carbonate de potasse qui s'était formé fut décomposé par l'acide nitrique, en n'en mettant, autant que possible, que la quantité nécessaire.

La dissolution fut soumise à l'ébullition pour chasser le restant de l'acide carbonique qui aurait pu y rester dissous. Elle manifesta un léger trouble par le chlorure de calcium, et un trouble plus apparent par l'eau de chaux qui y détermina même un léger précipité; craignant encore que ce ne fût du carbonate de chaux, on y fit passer un abondant courant d'acide carbonique qui ne le dissolvit pas : ce que fit très-facilement l'acide nitrique.

Cette matière fut distillée dans un appareil fermé et terminé par un tube plongeant dans l'eau, pour voir s'il ne s'y condenserait pas du phosphore; mais cela n'eut pas lieu. Il ne se trouva dans le tube que quelques gouttelettes liquides et jaunâtres, ayant une apparence huileuse.

En mettant une petite portion de cette substance sur

un charbon, plaçant au milieu une très-petite lamelle de fer poli, et chauffant le tout à la flamme de réduction au moyen d'un chalumeau, la lamelle ne fond pas; mais, au moyen d'une loupe, on s'aperçoit facilement que sa surface est altérée.

Etant mise sur une lame de platine polie, et placée au-dessus de la flamme d'une lampe à l'alcool, elle se fond sans couler ni s'étendre, se noircit promptement et finit par s'enflammer. Elle laisse sur la lame de platine une tache noire que la chaleur de la lampe à alcool ne peut faire disparaître; on ne peut non plus l'enlever par le frottement d'un linge humide. Si, au contraire, on la fait rougir dans un fourneau, la couleur noire disparaît entièrement, mais non sans laisser sur le platine des traces bien évidentes d'altération.

La cholestérine paraît avoir beaucoup d'analogie avec cette matière, mais elle en diffère essentiellement par son insolubilité presque absolue dans l'alcool froid, parce qu'elle ne noircit pas le platine d'une manière aussi indélébile, et parce qu'elle ne l'attaque pas.

L'éthal en diffère par son point de fusion et par sa volatilité.

La matière rouge paraît ne différer de la blanche que par sa consistance et sa couleur; encore la matière blanche, dont nous venons de décrire les propriétés, a toujours été employée lorsqu'elle était bien desséchée par évaporation spontanée; et, comme nous l'avons dit, elle n'était pas blanche, mais bien rouge. Ce changement de couleur paraît plutôt dû à l'action de l'air, quand ça ne serait que comme corps hygrométrique, qu'à celle de la lumière; car, quand on la laisse dans

un verre à expérience, elle devient d'abord rouge à la partie exposée à l'air libre, et le reste est blanc; ce que l'on voit facilement au travers du verre. La matière rouge se comporte, dans toutes les circonstances, comme la matière blanche.

Nous pensons, sans cependant oser l'affirmer, que c'est une seule et même substance.

Enfin, en résumant ce qui vient d'être dit, cette tumeur paraît formée de :

| | |
|---|---|
| Eau | 65; |
| Fibrine | 33,25; |
| Matières graisseuses, rouge et blanche, analogues à celles du cerveau, mais ne contenant que des traces de phosphore | 1,20; |
| Un principe immédiat, indéterminé par les chimistes, qui se transforme en gélatine par l'action de la chaleur, et que les anatomistes nomment *corps muqueux* | 12; |
| Osmazome (1) | 08. |
| | 99,65. |
| Perte | 35. |
| Total | 100. |

(1) Nous n'avons pas signalé quelques sels que l'on obtient en incinérant la fibrine; comme ils se trouvent partout, nous avons pensé qu'ils ne présenteraient aucun intérêt.

# *Pouvoir thermo-électrique des métaux.*

PAR M. BECQUEREL.

*Des effets électriques produits dans une lame n fil de métal, pendant que l'on chauffe l'une urs extrémités.*

haleur et l'électricité sont deux effets que l'on dans tous les phénomènes de la nature; lorsque manifeste, l'autre paraît ordinairement avec plus ns d'énergie. Leurs rapports mutuels sont donc nsables pour la connaissance des propriétés phy- de tous les corps.

lupart des physiciens du siècle dernier croyaient ntité de la chaleur et du fluide électrique, qu'ils ient *le feu élémentaire.* L'abbé Nollet s'exprimait (*Leçons de physique*, t. VI, p. 252.) L'obser- vient *ici à l'appui de l'expérience, et nous porte re de plus en plus que le feu, la lumière et l'élec- dépendent du même principe, et ne sont que trois cations différentes du même être.* Ce n'est là hypothèse vague, fondée sur quelques faits que voulu trop généraliser.

nterl précisa davantage les rapports immédiats qui nt exister entre la chaleur et l'électricité; car il le premier l'idée que la chaleur était formée des rincipes de l'électricité. Cette conjecture ne fut ée d'aucune expérience propre à établir une e.

y vint ensuite, et montra que l'on pouvait rendre

incandescent un morceau de charbon, dans le vide, par le moyen d'un courant électrique très-énergique. Ce fait important donna un degré de plus de vraisemblance à la manière de voir de Winterl.

M. Seebeck, en découvrant les courans thermo-électriques, a établi de nouveaux rapports entre la chaleur et le fluide électrique, rapports qui jusqu'à présent n'ont conduit à aucune découverte importante sur l'identité présumée de ces deux principes. Néanmoins les faits qu'il a observés sont de nature à donner plus d'extension à la théorie de l'électricité.

M. Nobili, auquel la physique doit un grand nombre d'expériences ingénieuses et délicates, a envisagé la question d'une manière plus générale que l'on ne l'avait fait jusqu'à lui : il a cherché à prouver que tous les phénomènes électro-dynamiques sont dus au mouvement de la chaleur dans les corps conducteurs. Cette théorie est accompagnée d'observations importantes sur la question à laquelle elle se rattache. Dans l'état actuel de la science, il est bien difficile de se prononcer sur la nature de la chaleur et du fluide électrique, considérés comme provenant du même principe. Ce qu'il y a de mieux à faire, je crois, est de rechercher avec soin tous les rapports qui existent entre eux. En effet, de leur comparaison pourront résulter des notions importantes sur la cause qui les produit souvent simultanément. C'est la marche qui m'a paru la plus analytique.

Pour fixer de suite les idées sur une des causes qui produisent les phénomènes thermo-électriques, je pose le principe suivant, auquel j'ai été conduit par les expériences que je rapporterai ci-après. Quand un fil de

[redacted]



iétal, ou une suite $a$, $a'$, $a''$, etc. de molécules métal-
ques, liées entre elles par la force d'agrégation, est
n contact, par une de ses extrémités $a$, avec une source
e chaleur $b$, d'une nature quelconque, à l'instant où
ı chaleur commence à se propager, cette extrémité prend
électricité positive, tandis que l'électricité contraire
st chassée dans tous les sens ; mais, $a'$ recevant de la
haleur de $a$, $a''$ de $a'$, etc., il s'ensuit que la seconde
nolécule, qui s'échauffe aux dépens de la première,
rend à celle-ci de l'électricité positive, et lui donne de
électricité négative ; ainsi de suite pour les autres mo-
écules. Dans le premier instant, on a donc une distri-
ution d'électricité, semblable à celle qui est indiquée
lans la figure (3) ; dans le second instant, on aura
areillement l'état que représente la figure (4), et
insi de suite. Les électricités positives et négatives, qui
'accumulent autour de chaque molécule, se recombinent
ontinuellement ; pendant tout le temps de la propa-
ation de la chaleur, il se forme donc une suite de
écompositions et de recompositions de fluide neutre.
D'après cela, comme l'électricité est en mouvement, le
il ou le système ne manifestera aucune électricité libre
ant qu'il sera isolé, ou du moins ne pourra manifester
u'un faible excès d'électricité négative, propre aux
nolécules extrêmes. Mais si, par un moyen quelconque,
n lui enlève une des deux électricités, l'autre pourra
tre recueillie avec un condensateur.

Voici maintenant les faits sur lesquels cette théorie
st établie :

On introduit un fil de platine dans un tube de verre
fermé à la lampe par une de ses extrémités, et l'on fait

communiquer le bout libre de ce fil avec l'un des plateaux d'un condensateur de Volta, en évitant le contact des métaux hétérogènes ; puis, au moyen d'une lampe à alcool ou d'un autre foyer de chaleur, on chauffe jusqu'au rouge la partie du tube qui est fermée ; en général, on n'obtient aucun effet électrique, résultant de l'élévation de température. Cela se conçoit, d'après ce que j'ai exposé plus haut ; mais si l'on enroule, autour du bout du tube qui a été fermé, un fil de platine dont l'une des extrémités communique avec le sol, et que l'on chauffe fortement ce bout, de manière à le faire rougir, le fil de platine, qui est dans l'intérieur du tube, acquiert un excès assez fort d'électricité positive. Ce fait prouve que l'électricité négative du fil extérieur, qui est repoussée vers la partie non chauffée, s'écoule dans le globe, tandis que l'électricité positive de celle que l'on a fait rougir pénètre le tube de verre, dont la température est également très-élevée, et se rend sur le condensateur en suivant le fil intérieur. J'ai vérifié avec l'appareil de M. Rousseau que le verre, qui a été chauffé à 90 ou 80°, et même au-dessous, devient conducteur de l'électricité, même pour de très-faibles tensions.

On ne peut attribuer l'effet dont je viens de parler à l'une des deux électricités dégagées pendant la combustion ; car le résultat est encore le même, quand, après avoir fait rougir fortement le tube, on retire le foyer de chaleur, et que l'on prend entre les doigts le bout libre du fil de platine extérieur : seulement l'effet est moins marqué. Il faut donc admettre le phénomène tel que je l'ai expliqué, c'est-à-dire, une suite de décompositions et de recompositions de fluide électrique, pen-

[redacted]



dant le mouvement de la chaleur dans une barre de métal ; mais ce mouvement, comment dégage-t-il de l'électricité ? est-ce par la vitesse de propagation ou de toute autre manière ? C'est une question à laquelle on ne peut encore répondre : on doit se borner à étudier les phénomènes qui en résultent.

De plus, j'ai prouvé, il y a quelques années, que lorsqu'on élève la température de l'un des bouts d'un fil de platine, et que l'on pose l'autre dessus, il s'établit dans le creuset un courant tel, que le bout qui s'échauffe prend à l'autre l'électricité positive. Ce courant continue jusqu'à ce que l'égalité de température se soit établie entre les deux bouts. Ce fait, que l'on avait attribué à une solution de continuité dans le circuit, est évidemment dû à ce qui se passe pendant la propagation de la chaleur ; car le bout qui est chaud doit donner à l'autre son électricité positive et en recevoir l'électricité contraire.

L'expérience suivante vient encore à l'appui de la théorie. Soit un circuit fermé *a*, *b*, *c*, fig. (5), formé d'un fil de platine, dont les deux bouts ont été soudés avec le plus grand soin ; toutes les parties peuvent alors être considérées comme homogènes. Si l'on élève la température de l'une d'elles, l'état d'équilibre de l'électricité ne sera pas troublé ; cela se conçoit, puisque la propagation de la chaleur se fait également à droite et à gauche des points chauffés ; mais si l'on fait un nœud en *o*, et que l'on porte le foyer de chaleur à peu de distance en *F*, il se produit aussitôt un courant électrique, dont la direction indique que l'électricité positive va à gauche du point *o*. Ce résultat s'explique aisément ; en effet, le circuit ne

présente pas de solution de continuité ; ce phénomène doit donc provenir d'une différence dans la propagation ou le mouvement de la chaleur : or, le foyer étant en *F*, cette propagation se fait inégalement ; la partie *Fo*, dont la température est portée continuellement au rouge, se refroidit à cause de la présence de la petite masse *o*, laquelle, s'échauffant, prend l'électricité positive ; le courant suit donc la direction *abc* indiquée par la figure...

D'après cet exposé, il est assez naturel de supposer que, dans un circuit fermé, composé de deux fils ou barres de métal différent, si l'on élève la température d'une des soudures, et si le mouvement de la chaleur ne se fait pas de la même manière dans chaque métal, à droite et à gauche des points de jonction, il en résultera des effets électriques, qui étant inégaux et dirigés en sens inverse, produiraient un courant électrique dont l'intensité sera égale à leur différence. C'est ce que je vais démontrer dans les phénomènes thermo-électriques découverts par M. Seebeck.

## § II. *De la cause des courans thermo-électriques dans les circuits formés de métaux différens.*

Dans un circuit fermé *cac′b*, fig. (6), formé de deux fils, l'un de fer, l'autre de cuivre, soudés en *c* et *c′*, si l'on maintient le point *c* et les points adjacens à droite et à gauche à une température constante, mais plus élevée que celle de *c′*, en passant la partie *oco′* dans un tube de verre recourbé qui plonge dans un bain de mercure, on a un courant qui suit la direction *cab*, et dont l'intensité est la même, tant qu'il n'y a pas de variations dans la température.

Une différence de température dans les parties de chaque métal qui avoisinent les points de jonction, n'est pas la cause qui influe sur la production des phénomènes thermo-électriques ; car si l'on porte le foyer de chaleur en *o* ou en *o'*, la chaleur ne tarde pas à gagner le point *c*, et le courant va toujours dans le même sens, quoique ce soit tantôt le fer, tantôt le cuivre qui ait la température la plus élevée. Il est probable que le rayonnement de la chaleur du cuivre au fer et du fer au cuivre, aux points du contact, est une des causes qui agissent avec le plus d'efficacité pour produire le courant.

Il est facile, en outre, de démontrer que ce courant est dû au mouvement de la chaleur d'un métal dans l'autre, et non à des effets chimiques, résultant de l'action de l'oxigène sur les métaux. On prend une cloche de verre, dans laquelle on pratique deux ouvertures latérales ; à chacune d'elles on fixe un double crochet en platine avec du mastic. Ces deux crochets communiquent l'un et l'autre intérieurement avec les bouts d'un fil formé de deux autres, platine et or, ou platine et fer, et extérieurement avec les extrémités du fil d'un multiplicateur ; puis l'on fait le vide sous la cloche et l'on y introduit du gaz hydrogène bien sec. Ces dispositions faites, on élève la température des points de jonction platine et or ou platine et fer avec une lentille ; il se développe aussitôt un courant électrique, absolument semblable à celui que l'on obtient dans l'air et pour la direction et pour l'intensité ; ainsi les altérations produites dans les métaux par l'oxigène, n'ont aucune influence sur la manifestation des courans thermo-électriques, qui sont dus seulement à la différence des mouvemens de la cha-

leur, quand elle passe d'une surface à une autre. Pour prouver ce dernier point, il faut mesurer avec exactitude l'intensité de chaque courant, et voir si elle n'est pas soumise à une certaine loi. J'ai commencé par construire une table qui donne avec exactitude les rapports entre les déviations de l'aiguille aimantée dans un galvanomètre et les intensités correspondantes du courant. La marche que j'ai suivie est la même que celle indiquée dans un de mes précédens Mémoires. Voici cette table. (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXI, p. 371.)

| Dévations de l'aiguille aimantée. | Intensités du courant électrique. | Déviations de l'aiguille aimantée. | Intensités du courant électrique. |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,50 | 28 | 20 |
| 2 | 1 | 29 | 21 |
| 3 | 1,50 | 30 | 22,65 |
| 4 | 2 | 31 | 23,92 |
| 5 | 2,50 | 32 | 25,20 |
| 6 | 3 | 33 | 26,20 |
| 7 | 3,50 | 34 | 27,20 |
| 8 | 4 | 35 | 28,74 |
| 9 | 4,50 | 36 | 30,28 |
| 10 | 5 | 37 | 32,12 |
| 11 | 5,55 | 38 | 34,14 |
| 12 | 6,10 | 39 | 36,07 |
| 13 | 6,62 | 40 | 38,00 |
| 14 | 7,15 | 41 | 40,70 |
| 15 | 7,85 | 42 | 43,40 |
| 16 | 8,55 | 43 | 46,47 |
| 17 | 9,27 | 44 | 49,55 |
| 18 | 10 | 45 | 51,59 |
| 19 | 10,85 | 46 | 53,63 |
| 20 | 11,70 | 47 | 56,77 |
| 21 | 12,50 | 48 | 59,92 |
| 22 | 13,30 | 49 | 63,96 |
| 23 | 14,22 | 50 | 68 |
| 24 | 15,14 | 51 | 72 |
| 25 | 16,35 | 52 | 72 |
| 26 | 17,57 | 53 | |
| 27 | 18,78 | 54 | |
| | | 55 | |
| | | 56 | |
| | | 57 | |

soudé, par un de leurs bouts, un fil de platine et le fer, dont les deux autres bouts communiquaient le cuivre du galvanomètre. Les soudures ayant été lans de la glace fondante, excepté celle où le fer latine se réunissaient, on a élevé successivement la ature de cette dernière; des circuits formés avec s métaux ont été soumis à la même expérience, a obtenu les résultats suivans:

| taux mposent ircuit. | Températures de l'une des soudures. | Déviations de l'aiguille aimantée. | Intensités du courant. | Intensités calculées. |
|---|---|---|---|---|
| argent... | 40° | 52° | 76 | 76 |
| | 30 | 45 | 56,76 | 57 |
| | 20 | 40 | 38 | 38 |
| | 10 | 27 | 18,80 | 19 |
| cuivre... | 40 | .. | .... | 80 |
| | 30 | 48 | 59,92 | 60 |
| | 20 | 41 | 40,70 | 40 |
| | 10 | 28 | 20 | 20 |
| et platine. | 40 | 41 | 40,40 | 40 |
| | 30 | 36 | 30,28 | 30 |
| | 20 | 28 | 20 | 20 |
| | 10 | 18 | 10 | 10 |
| et étain. | 40 | .. | .... | .. |
| | 30 | 48 | 59,92 | 60 |
| | 20 | 41 | 40,70 | 40 |
| | 10 | 28 | 20 | 20 |
| et argent. | 40 | 34 | 27,20 | 26,84 |
| | 30 | 28 | 20 | 20,13 |
| | 20 | 22 | 13,30 | 13,42 |
| | 10 | 13 | 6,60 | 6,71 |

voit que si, dans ces divers circuits, on élève succement la température d'une des soudures depuis usqu'à 40°, tandis que l'autre reste à zéro, l'iné du courant électrique croît en raison de la tem-

pérature, c'est-à-dire que pour une température double, l'intensité du courant est double.

J'ai déjà fait voir, dans un précédent Mémoire, que plusieurs métaux, ceux surtout dont le terme de fusion était très-éloigné, jouissaient de la même propriété; mais je n'avais pas démontré qu'elle s'appliquait à tous les métaux pour des températures au-dessous de 50°. Les appareils n'avaient pas alors le degré de sensibilité qu'on leur a donné depuis, et qui permet maintenant d'apercevoir des rapports qu'on ne pouvait trouver avant. Quant à ceux qui existent entre les intensités des courans produits par le contact de divers métaux pour la même température, les premières expériences que j'ai faites pour y parvenir ont été sans succès. Je me bornai à former des circuits et à déterminer rigoureusement l'intensité du courant provenant de l'élévation de température à telle ou telle soudure. Toutes les fois que je changeais de circuit, les résultats cessaient d'être comparables; je ne tardai pas à en découvrir la cause : chaque circuit ne possédait pas le même pouvoir conducteur. à cause de la différence de grosseur et de longueur des fils métalliques, et de la nature de ces derniers. Je crus obvier à cet inconvénient en donnant aux fils les dimensions convenables; mais je n'atteignis pas encore le but; enfin, j'essayai si la perte que le courant éprouvait en passant d'un métal dans un autre, et qui variait suivant la nature de chacun d'eux, et par conséquent suivant chaque circuit, n'était pas un obstacle à la manifestation de la loi que je cherchais. Cette conjecture s'est vérifiée. Pour que la perte fût constamment la même dans toutes les expériences, je composai un circuit de tous les mé-

ont je voulais déterminer le pouvoir thermo-élec-
. En ne changeant pas de circuit, la conductibilité
ivait être toujours la même, et les résultats deve-
comparables. Toutes les soudures étaient à la tem-
re zéro, excepté une seule que je plaçais dans une
de chaleur, suivant la méthode que j'ai déjà indi-
Le tableau suivant renferme les divers résultats.

cuit n° 1.

| nations des dures. | Température de la soudure soumise à l'expérience. | Déviations correspondantes de l'aiguille aimantée. | Intensités du courant électrique. |
|---|---|---|---|
| — tain.... | 20° | 56,50 | 31,24 |
| — platine. | 20 | 16 | 8,55 |
| — uivre... | 20 | 54,50 | 27,96 |
| — t cuivre. | 20 | 4 | 2 |
| — rgent... | 20 | 33 | 26,20 |
| — latine... | 20 | 39 | 36,07 |
| e étain.. | 20 | 7 | 3,50 |
| — cuivre.. | 20 | 2 | 1 |
| — t or.... | 20 | 1 | 0,50 |

A l'inspection de ce tableau, on voit sur-le-champ que, pour une température donnée de 20°, par exemple, chaque métal acquiert une puissance ou action thermo-électrique, telle que l'intensité du courant électrique que l'on obtient par l'élévation de température d'une soudure, est égale à la différence des quantités qui représentent chacune de ces actions. Par exemple, pour le fer et le cuivre, en désignant par $P$ cette action ou cette puissance, on a $P$. fer — $P$. cuivre = 27,96 pour l'intensité du courant lorsqu'on élève la soudure fer, cuivre à 20°; de même pour le platine et le fer $P$. fer — $P$. platine = 36,07. En retranchant la première de la seconde, on a $P$. cuivre — $P$. platine = 8,11; or, l'expérience donne 8,55, qui en diffère peu. Pour la soudure fer, étain, $P$. cuivre — $P$. étain = 3,50; d'où $P$. fer — cuivre = 27,96 que donne l'expérience. Il est donc bien démontré que l'intensité d'un courant thermo-électrique est égale à la différence des actions thermo-électriques produites dans chaque métal par la même température; mais quel est ce genre d'action? quoiqu'il soit difficile d'y répondre, on entrevoit néanmoins la cause qui peut la produire. En effet, on a, en représentant la puissance ou action thermo-électrique du fer à 20° par $x$,

$P$. fer...... $x$.
$P$. argent... $x$ — 26,20.
$P$. or....... $x$ — 26,70.
$P$. zinc..... $x$ — 26,96.
$P$. cuivre... $x$ — 27,96.
$P$. etain.... $x$ — 31,24.
$P$. platine... $x$ — 36.

Dans cet arrangement, chaque métal est positif par apport à celui qui le suit, et négatif par rapport à ceux ui le précèdent.

Si $x$ était connu, le pouvoir thermo-électrique de chaue métal s'en déduirait; mais comme le fer est positif ar rapport aux métaux mentionnés ci-dessus, on doit n conclure que sa valeur est supérieure à 36. De plus, n voit que l'or, l'argent, le zinc, et même le cuivre nt des pouvoirs à peu près égaux, puisqu'ils diffèrent e celui du fer de 28,20; 26,70; 26,96; 271,96. Or, uand on cherche parmi les propriétés calorifiques celles ui sont sensiblement les mêmes pour ces quatre méaux, on n'y voit que le pouvoir rayonnant qui s'y rapporte. Il faudrait donc admettre que dans le contact de eux métaux différens, le rayonnement de chaque surace, est le même que celui qui a lieu dans l'air, et ue la différence des pouvoirs rayonnans détermine et e sens et l'intensité du courant; alors rien n'est plus acile que de déterminer $x$, car alors on a, d'après la able formée par M. de Leslie:

$$x : x - 26,70 :: 15 : 12.$$

5 et 12 sont les pouvoirs rayonnans du fer et de l'or, l est facile ensuite de trouver les valeurs relatives aux nétaux.

| | | |
|---|---|---|
| *P*. | fer...... | 133,50. |
| *P*. | argent... | 107,30. |
| *P*. | or...... | 106,80. |
| | zinc..... | 106,54. |
| | cuivre... | 105,54. |
| | étain.... | 102,26. |
| | platine... | 97,50. |

Ces valeurs se rapportent à une conductibilité électrique donnée; car, si l'on surchargeait le circuit, les nombres ci-dessus ne seraient plus les mêmes ; mais rien n'est plus aisé que d'obvier à cet inconvénient. *P.* fer—*P.* cuivre est proportionnelle à la température et au pouvoir conducteur du circuit; si donc l'on représente cette différence par $\delta$ pour un circuit dont le pouvoir conducteur électrique est 1 et la température 1, on aura pour un pouvoir $m$ et une température $t$.

$$P.\ \text{fer} - P.\ \text{cuivre} = mt\delta\,;$$

de même :

$$P.\ \text{fer} - P.\ \text{platine} = mt\delta''\,;$$

ainsi de suite, etc.

Il résulte de là que le rapport $\frac{mt\delta}{mt\delta'} = \frac{\delta}{\delta'}$ est indépendant du pouvoir conducteur du circuit et de la température. Il est encore le même pour un circuit quelconque, en employant une température $t'$ et un pouvoir conducteur $m'$; car le facteur $m't'$ disparaît. L'expérience vérifie complètement ce résultat théorique, comme on peut le voir ci-après.

Circuit n° 2.

| Désignation des soudures. | Température de la soudure soumise à l'expérience. | Déviations de l'aiguille aimantée. | Intensité du courant électrique. |
|---|---|---|---|
| + — Fer platine.... | 20 | 43 | 46,50 |
| + — Fer cuivre..... | 20 | 39,50 | 35,18 |
| + — Cuivre platine.. | 20 | 20 | 11,70 |
| Cuivre plomb... | 20 | 7,50 | 3,75 |

**cuit n° 3.**

| gnation oudures. | Température de la soudure. | Déviations de l'aiguille aimantée | Intensité du courant. |
|---|---|---|---|
| rre..... | 20 | 40° | 38 |
| tine..... | 20 | 44,75 | 51 |
| platine.. | 20 | 22 | 13,30 |

circuit n° 1, on trouve $\frac{P.\text{fer} - P.\text{plat.}}{P.\text{fer} - P.\text{cuiv.}} = \frac{36,07}{27,96} = 1,29.$

le circuit n° 2, $\frac{P'.\text{fer} - P'.\text{plat.}}{P'.\text{fer} - P'.\text{cuiv.}} = \frac{46,50}{35,18} = 1,32.$

e circuit n° 3, $\frac{P''.\text{fer} - P''.\text{plat.}}{P''.\text{fer} - P''.\text{cuiv.}} = \frac{51}{38} = 1,34.$

rapports sont sensiblement égaux, comme l'indi- théorie; car les légères différences qui existent ux sont dans la limite des erreurs que l'on peut ttre en mesurant des phénomènes aussi délicats ux qui font l'objet de ce Mémoire.

noyenne de ces trois nombres, 1,32, est le rap- es différences fer-platine et fer-cuivre pour voir conducteur quelconque et une température quelconque, mais inférieure à 50°. En faisant — $P$. platine = 1737, $P$. fer — $P$. cuivre = 1, tant encore le rapport $\frac{P.\text{fer}}{P.\text{cuivre}} = \frac{15}{12}$, on aura :

| Métaux. | Pouvoirs thermo-électriques. |
|---|---|
| *P*. fer....... | 5. |
| *P*. argent.... | 4,07. |
| *P*. or........ | 4,052. |
| *P*. zinc...... | 4,035. |
| *P*. cuivre.... | 4. |
| *P*. étain..... | 3,89. |
| *P*. platine... | 3,68. |

Ces valeurs seront les mêmes pour un circuit quelconque et pour tous les cas où les différences entre les pouvoirs thermo-électriques des métaux croissent comme les températures ; ce qui a lieu pour celles qui sont au-dessous de 50°, et dans la supposition où ces pouvoirs seraient proportionnels aux pouvoirs rayonnans des métaux. C'est en faisant de nouvelles expériences qu'on pourra voir jusqu'à quel point est exacte cette hypothèse fondée sur un fait qui paraît fondamental.

Dans le cas où elle ne le serait pas, on aurait toujours pour les pouvoirs thermo-électriques :

| | |
|---|---|
| *P*. fer....... | $= x.$ |
| *P*. argent.... | $= x - 0,93.$ |
| *P*. or....... | $= x - 0,948.$ |
| *P*. zinc...... | $= x - 0,965.$ |
| *P*. cuivre.... | $= x - 1.$ |
| *P*. étain..... | $= x - 1,11.$ |
| *P*. platine.... | $= x - 1,32.$ |

Toutes ces valeurs sont indépendantes du plus ou moins de chaleur et du refroidissement dans l'air, de la partie des fils ou barres situés au dehors de la source de chaleur. Il suffit, pour le prouver, de former un circuit

sieurs fils alternatifs de fer et de cuivre, n'ayant
mêmes dimensions en longueur et en grosseur,
ever successivement la température de chaque sou-
a même degré, toutes les autres étant à zéro, et
quelles sont les intensités des courans. L'expé-
montre que ces intensités sont égales. Je me borne
orter les expériences faites avec un seul circuit.

| Dimensions des fils formant un même circuit. | Températures des soudures. | Déviations de l'aiguille aimantée. |
|---|---|---|
| ng. 3 décim., diam. 3 milli.<br>, long. 1 déc., diam. 3 mill. | 15° | 14° |
| ng. 1 décim., diam. 3 milli.<br>, long. 1 déc., diam. 1 mill. | 15 | 14 |
| ng. 3 décim., diam. 1 milli.<br>, long. 3 déc., diam. 1 mill. | 15 | 14 |
| ng. 3 décim., diam. $\frac{1}{5}$ de mill.<br>, long. 3 déc., diam. $\frac{1}{5}$ de mill. | *idem*. | *idem*. |
| ng. 3 décim., diam. $\frac{1}{5}$ de mill.<br>, long. 3 déc., diam. $\frac{1}{10}$ de mil. | *idem*. | *idem*. |
| ng. 3 déc., diam. $\frac{1}{5}$ de mill.<br>, long. 3 déc., diam. $\frac{1}{10}$ de mil. | *idem*. | *idem*. |

peut objecter à cette permanence dans l'égalité de
ité des courans que la conductibilité du circuit
iminuée par la présence de fils très-fins de platine
r, il ne passe plus alors qu'un courant d'une cer-
tensité, et qu'au-delà aucun accroissement ne sau-
e rendu sensible; à cela on répond que s'il en
nsi, on devrait trouver une certaine température
ure à 50°, passé laquelle le courant n'augmente

plus, et comme cette circonstance ne se présente pas, puisque l'intensité augmente comme la température, il faut donc admettre que pour la même conductibilité électrique et la même température inférieure à 50°, l'intensité du courant est indépendante de la longueur et du diamètre des fils.

On peut vérifier, avec les résultats précédens, le fait bien connu que lorsque la température est la même dans toutes les parties d'un circuit composé de fils de différens métaux, le courant est nul, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de développement d'électricité. Il faut pour cela que la somme des nombres qui représentent l'intensité des courans, pris chacun avec leurs signes, soit égale à zéro.

Je prends le circuit fer, platine, argent, cuivre, et j'affecte du signe + le nombre qui représente l'intensité du courant qui va à droite, et du signe — celui relatif au courant qui suit une direction opposée; on aura, en représentant les points de jonction des métaux par $a, b, c, d$ et par $A, B, c, D$ les intensités des courans dans les mêmes points.

$$B = +0,39 \qquad A = -1,32.$$
$$D = +1,00 \qquad C = -0,07.$$

Or, comme la somme $A + B + c + D = o$, le courant doit être nul; dans tout autre circuit on trouve la même chose. Cet accord entre les résultats de l'expérience justifient leur exactitude.

Dans un autre Mémoire, je ferai connaître les pouvoirs thermo-électriques des métaux pour des températures au-dessus de 50°. Les résultats que j'ai déjà obtenus

pour quelques-uns, entre autres pour l'or et l'argent, et que je ne rapporte pas ici dans la crainte d'abuser trop long-temps des momens de l'Académie, donneront plus d'extension encore à la théorie que j'ai exposée précédemment.

Je ne terminerai pas sans tirer quelques conséquences des faits qui ont fait l'objet de ce Mémoire.

Il est généralement admis que l'orsqu'une barre métallique plonge par un de ses bouts dans un milieu plus chaud que l'air environnant, chaque point infiniment petit de cette barre reçoit de la chaleur par le contact du point qui précède, et en communique à celui qui le suit; qu'un même point est influencé non-seulement par ceux qui le touchent, mais encore par ceux qui l'avoisinent à une petite distance, en avant et en arrière, de manière qu'il se produit, dans l'intérieur de la barre, un véritable rayonnement de molécule à molécule; d'où il résulte que chaque point intérieur du corps communique de la chaleur à tous ceux qui l'environnent à une petite distance, et en reçoit d'eux l'excès de cette seconde quantité sur la première, détermine la quantité dont sa température propre s'accroît à chaque instant.

Les actions électriques observées pendant la propagation de la chaleur, dans une barre métallique, produisent des effets analogues. Si l'on considère, par exemple, une molécule de cette barre recevant successivement de la chaleur et en communiquant aux molécules voisines, les électricités positives et négatives qui l'entourent, exercent des actions attractives et répulsives sur les électricités des molécules situées à peu de distance. Ainsi, tant qu'il y a rayonnement de chaleur d'une molécule à

l'autre, il y a pareillement actions électriques à distance, deux effets qui ont de l'analogie ensemble et qui concourent à établir un nouveau rapport entre la chaleur et le fluide élastique.

Les effets électriques qui ont lieu pendant l'échauffement et le refroidissement des corps font naître plusieurs conjectures que je ne dois pas passer sous silence. Une partie de l'électricité atmosphérique ne serait-elle pas due à une cause semblable?

Considérons un instant une portion de l'atmosphère dans un calme parfait et ayant partout la même température, l'état d'équilibre de son électricité ne saurait être troublé ; mais si, par une cause quelconque, il survient un courant d'air plus froid qui pénètre cette portion, celle-ci se refroidira, prendra l'électricité négative et l'autre l'électricité positive. Le contact des molécules étant de peu de durée, en raison de la vitesse du courant, chacune d'elles devra conserver une partie de l'électricité qui s'est dégagée pendant le changement de température. Si les portions qui se sont refroidies renferment des vapeurs aqueuses, elles se condenseront, s'empareront de l'électricité et formeront un nuage chargé d'électricité négative. Dans le cas où l'air froid contient aussi des vapeurs, on a un nuage possédant l'électricité positive.

On a observé qu'en général l'air qui est à une certaine distance des maisons et des arbres possède l'électricité positive dans les temps froids et sereins ; cela se conçoit, car l'air froid qui se trouve en contact avec la terre, après s'être échauffé à ses dépens, s'élève en raison d'une pesanteur spécifique moindre, et emporte avec lui l'électricité positive qu'il a prise pendant son réchauffement.

Je ne m'étendrai pas davantage sur les conséquences que l'on peut tirer des faits consignés dans ce Mémoire, lesquels faits sont de nature à établir de nouveaux rapports entre la chaleur et le fluide électrique. Des recherches ultérieures préciseront davantage ces rapports, et formeront probablement des élémens à la théorie de la chaleur.

---

## Mémoire *sur la réaction de torsion des lames et des verges rigides.*

Par M. Félix Savart.

(Lu à l'Académie des Sciences le 3 août 1829.)

Les lois de la force de torsion des fils tendus par des poids ont été déterminées par Coulomb avec beaucoup d'exactitude, et la balance de torsion, inventée par cet habile observateur, est devenue l'un des instrumens de précision le plus généralement employés par les physiciens. Il était naturel de présumer que ces lois pourraient s'étendre aux verges cylindriques rigides, en supposant que la rigidité produise dans les verges exactement le même effet que le poids tendant pour les fils flexibles : M. Poisson, dans son Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques, a effectivement trouvé que les lois de la torsion des verges cylindriques étaient les mêmes que celles que Coulomb avait données pour les fils tendus ; et M. Cauchy est encore retombé sur le même résultat d'analyse, en embrassant dans son calcul le cas plus général de la torsion des verges à sections rectangulaires, dont les côtés seraient entre eux

dans des rapports quelconques. Il devenait donc indispensable de reprendre les recherches expérimentales de Coulomb, et de les étendre au cas des verges cylindriques, ou prismatiques à sections rectangulaires, ou même triangulaires, afin de voir jusqu'à quel point l'analyse et l'observation pourraient s'accorder ensemble : tel est le but que je me suis proposé dans ce travail (1).

## § Ier. *Exposé des moyens d'expérience employés dans ces recherches.*

Deux procédés bien distincts se présentent à l'esprit pour tordre, d'un arc déterminé, une verge cylindrique ou prismatique ; l'un consisterait à la placer verticalement, son extrémité supérieure étant fixée dans un étau, et à agir sur son extrémité inférieure au moyen d'un levier composé de deux branches horizontales égales, tirées en sens contraire par des cordons qui passeraient sur des poulies, et auxquels on suspendrait des poids : l'autre consisterait à placer la verge horizontalement, l'une de ses extrémités étant fixée dans un étau, et l'autre étant appuyée contre une pointe conique

(1) Dans un travail sur la résistance du fer forgé, présenté à l'Académie des Sciences en 1819, M. Duleau, ingénieur des Ponts et Chaussées, avait déjà déterminé, par l'analyse et par l'expérience, les lois de la torsion des verges cylindriques, et il avait même pressenti les lois de la torsion des verges carrées ; mais ces expériences ayant été faites sur une seule substance, et dans l'unique but de fournir aux ingénieurs des renseignemens exacts sur la résistance du fer forgé, leur auteur ne s'était pas attaché à donner à son appareil de torsion toute la perfection qu'il y aurait infailliblement apportée, s'il se fût agi d'expériences de précision ; de sorte que ce travail, si remarquable d'ailleurs par le grand nombre de faits qu'il contient sur la résistance que le fer oppose à la flexion, à la pression, etc., ne pouvait pas dispenser de reprendre la question générale de la torsion des verges de forme et de substance quelconques, exactement au même point où Coulomb l'avait laissée.

dont le sommet correspondrait au centre même de figure de la petite face qui forme le bout de la verge, où l'on pratiquerait, à cet effet, une petite cavité destinée à recevoir le sommet du cône : dans cette disposition, la verge pourrait être tordue au moyen d'un simple bras de levier dirigé perpendiculairement à sa longueur et fixé tout près de son extrémité mobile. On conçoit que le premier de ces procédés serait bien plus sujet à erreur que le second, à cause du frottement considérable qui serait exercé sur les axes des poulies, quelque précaution qu'on prît d'ailleurs pour les rendre aussi mobiles que possible : en outre, la nécessité où l'on serait de suspendre des poids égaux à l'extrémité de chacun des bras du levier rendrait ce procédé peu commode pour l'observation. Le frottement de la pointe, dans la seconde disposition, est bien aussi une cause d'erreur ; néanmoins on s'en aperçoit peu à l'observation, parce que, s'il était exprimé en poids, il ne serait jamais qu'une très-petite fraction des poids qu'il faut employer pour tordre les verges. Ces considérations m'ont déterminé à faire usage du second procédé de préférence au premier.

Afin de n'être pas obligé de faire construire un appareil particulier pour faire ces expériences, je me suis servi d'un étau ordinaire, d'environ 25 kilog., fixé horizontalement sur un établi de menuisier, et qui était destiné à saisir l'une des extrémités de la verge, tandis que l'autre extrémité était appuyée contre le sommet d'un petit cône pratiqué à l'extrémité d'un cylindre d'acier qui était fixé, à l'aide de brides et de vis, à un corps immobile. Une forte barre de fer ou de cuivre, percée, au milieu de sa longueur, d'un trou rectangulaire ou

carré, selon le contour de la section de la verge, embrassait l'extrémité de cette dernière d'une manière inébranlable, et servait à la tordre au moyen de poids suspendus à un fil d'acier très-fin, dont l'extrémité supérieure, contournée en boucle, reposait sur un petit couteau vissé dans la barre. Par cette disposition, la longueur du bras de levier était toujours la même ($0^{m}$,141), et son propre poids n'agissait pas pour tordre la verge, de sorte qu'on n'avait besoin que de tenir compte des poids suspendus après le fil d'acier. Quant aux moyens de mesure, ils consistaient en un arc de cercle divisé (division décimale), dont le rayon était d'environ 25 centim., et qui était percé à son centre d'un trou au travers duquel passait la partie cylindrique de la pointe, autour de laquelle il se mouvait à frottement rude, de sorte qu'on pouvait le fixer au moyen d'une pince à telle hauteur qu'on voulait, ce qui était indispensable pour faire coïncider un trait quelconque de la division avec un semblable trait pratiqué à l'extrémité d'une longue aiguille attachée au bras du levier : cette coïncidence était observée au moyen d'une forte loupe placée à l'extrémité d'un tuyau d'environ 2 décimètres de longueur et d'un petit diamètre, afin d'empêcher que l'œil pût se placer, tantôt plus haut, tantôt plus bas : cette loupe était d'ailleurs montée sur un pied mobile, qui permettait de l'élever et de l'abaisser à volonté.

On conçoit que, par cette disposition, il pouvait arriver que, quand on avait tordu la verge d'un certain arc, la force cessât d'agir perpendiculairement à l'extrémité du levier : pour remédier à cet inconvénient, on avait soin de placer un contre-poids convenable vers

celle des extrémités du levier qui était libre, et de ramener toujours ce dernier à l'horizontalité lorsque les poids étaient suspendus au petit fil d'acier. Enfin, lorsqu'on faisait usage de poids considérables, on avait soin de placer un niveau à bulle d'air sur la mâchoire inférieure de l'étau, afin de s'assurer si aucun dérangement n'était survenu dans cette partie de l'appareil, et d'y remédier si cela était nécessaire.

Comme toutes les expériences rapportées dans ce travail ont, en général, été faites de la même manière, je ne m'arrêterai pas à les décrire chacune en particulier; je me bornerai à les présenter sous forme de tableaux, en les réunissant par groupes, dont chacun, considéré isolément, embrassera l'une des lois de la réaction de torsion.

§ II. *Rapport des arcs de torsion avec les forces qui les produisent, lorsque la longueur reste constante.*

Pour les fils flexibles tendus par des poids, les arcs de torsion étant constamment proportionnels au moment de la force, lorsque la longueur reste la même, il était très-présumable qu'il en serait de même pour les verges cylindriques; mais il n'était pas aussi facile de prévoir ce qui arriverait dans le cas où les verges seraient parallélépipédiques, ou lorsqu'elles se transformeraient en des lames ou plaques plus ou moins larges et minces. Toutefois l'expérience montre que la loi qui convient aux fils tendus par des poids est encore celle qui convient aux verges et aux lames, quel que soit le contour de leur section transversale.

Cylindre de laiton tiré à la filière;

Diamètre..... $0^m$,00672;
Longueur.... 0 ,649.

| Arcs de torsion. | Poids observés. | Poids calculés. |
|---|---|---|
| 1°. | 160 gram. | 160 gram. |
| 2 | 320 | 320 |
| 3 | 480 | 480 |
| 4 | 640 | 640 |
| 5 | 798 | 800 |
| 6 | 957 | 960 |
| 7 | 1115 | 1120 |
| 8 | 1275 | 1280 |
| 9 | 1434 | 1440 |
| 10 | 1590 | 1600 |

Si l'on regarde comme exact le poids de 160$^{g}$, qui correspond dans cette expérience à un arc d'un seul degré, les poids calculés d'après la loi de la proportionnalité de la force à l'arc de torsion, seront, jusqu'à un arc de 10 degrés, tels que le représente la troisième colonne du tableau précédent : il ne commence à y avoir de différence entre l'expérience et le calcul que quand l'arc devient plus grand que 4 degrés; or, cette différence est de 10 grammes pour l'arc de 10°, au-delà duquel l'expérience n'a pas pu être continuée, parce que le métal commençait à se tordre d'une manière permanente. Les expériences qui suivent montreront que cette différence, d'ailleurs légère, doit être attribuée à la presqu'impossibilité de serrer un cylindre entre les mâchoires d'un étau, sans qu'il puisse s'y mouvoir d'une

e quantité, lorsqu'une force extérieure un peu con-
able agit pour le faire tourner. On pourrait objecter
1 le serrant très-fortement, on parviendrait à l'em-
er de tourner; mais alors on l'aplatirait d'une quan-
notable, et il ne serait plus dans les conditions où
suppose qu'il doit être.

ge prismatique carrée de cuivre, tirée à la filière;

Longueur...... $0^m$,6567;
Côté du carré... 0 ,00566.

| rc[illegible] torsion. | Poids observés. | Poids calculés. |
|---|---|---|
| 1°. | 126 gram. | 126 gram. |
| 2 | 252 | 252 |
| 3 | 378 | 378 |
| 4 | 505 | 504 |
| 5 | 630 | 630 |
| 6 | 757 | 756 |
| 7 | 880 | 882 |
| 8 | 1008 | 1008 |
| 9 | 1135 | 1134 |
| 10 | 1258 | 1260 |
| 11 | 1388 | 1386 |
| 12 | 1515 | 1512 |

ns cette expérience, les poids sont exactement pro-
nnels aux arcs, jusqu'à celui de 5 degrés, et en
lant les autres d'après ceux-ci, on voit que l'accord,
la deuxième et la troisième colonne, peut être re-
comme parfait, car une différence de quelques
nes peut être considérée comme nulle, lorsqu'il
de poids un peu considérables.

*Verge à section rectangulaire.*

La même précision que nous venons d'observer pour les verges prismatiques carrées, se retrouve dans celles dont la section est un rectangle dont les côtés diffèrent peu entre eux, comme on peut le voir dans le tableau suivant.

Verge de laiton, tirée à la filière;

Longueur..... $0^{m}$,997;
Epaisseur..... 0 ,00356;
Largeur...... 0 ,0092.

| Arcs de torsion. | Poids observés. | Poids calculés. |
|---|---|---|
| 1°. | 55g,5 | 55g,739 |
| 2 | 111 | 111 ,478 |
| 3 | 167 | 167 ,217 |
| 4 | 223 ,5 | 222 ,956 |
| 5 | 279 | 278 ,695 |
| 6 | 334 | 334 ,434 |
| 7 | 390 | 390 ,173 |
| 8 | 447 | 445 ,912 |
| 9 | 501 | 501 ,651 |
| 10 | 557 | 557 ,390 |
| 11 | 612 ,7 | 613 ,129 |
| 12 | 670 | 668 ,868. |

Dans cet exemple, comme les poids qui correspondaient aux arcs de 1, 2, 3, 4 degrés ne s'accordaient pas parfaitement entre eux, j'ai additionné tous les nombres donnés par l'expérience, et je les ai divisés par la somme des degrés de tous les arcs, afin d'obtenir un degré moyen,

it à l'aide de ce degré ainsi obtenu que la troisième
ne a été calculée.

nesure que les lames deviennent plus larges et plus
s, c'est-à-dire, à mesure qu'on peut mieux les fixer
les mâchoires de l'étau et après le bras de levier,
de la proportionnalité de la force à l'arc de torsion
ifie avec une plus grande exactitude.

Lame de verre à vitre;

Longueur........... $0^m,63$;
Largeur............ $0\ ,0544$;
Epaisseur moyenne... $0\ ,001516$.

| Arcs de torsion. | Poids observés. |
|---|---|
| 1°. | 70 grammes. |
| 2 | 140 |
| 3 | 210 |
| 4 | 281 |
| 5 | 350 |
| 6. | 420. |

est à remarquer que la structure du verre appro-
t beaucoup plus de l'homogénéité que celle des mé-
, c'est sans doute à cela qu'il faut attribuer que la
est vérifiée jusqu'à l'arc de six degrés dans l'exem-
précédent, limite qui n'a pu être dépassée dans la
ite que la lame ne se brisât.

Lame d'acier fondu laminée;

Longueur...... $0^m,2194$;
Largeur....... $0\ ,05187$;
Epaisseur...... $0\ ,00117$.

| Arcs de torsion. | Poids observés. | Poids calculés. |
|---|---|---|
| 1°. | 98 gr. | 98 gr. |
| 2 | 196 | 196 |
| 3 | 294 | 294 |
| 4 | 392 | 392 |
| 5 | 491 | 490 |
| 6 | 589 | 588 |
| 7 | 685 | 686 |
| 8 | 784 | 784 |
| 9 | 882 | 882 |
| 10. | 979. | 980. |

La loi dont il s'agit s'étend non-seulement aux lames à section transversale rectangulaire, dont les côtés sont entre eux dans des rapports quelconques, mais elle s'étend encore aux verges dont la section est un triangle équilatéral, de sorte qu'il est naturel de conclure de ces diverses expériences qu'elle se vérifierait, quelle que fût la section des verges.

Verge prismatique triangulaire de cuivre, tirée à la filière;

Longueur........ 0m,6383.
Côté du triangle... 0 ,0088.

| Arcs de torsion. | Poids observés. | Poids calculés. |
|---|---|---|
| 1°. | 141g,5 | 141g,5 |
| 2 | 283 | 283 |
| 3 | 426 | 424,5 |
| 4 | 566 | 566 |
| 5 | 708 | 707,5 |
| 6 | 850 | 849 |
| 7 | 990 | 990,5 |
| 8. | 1130. | 1132. |

## § III. *Loi des longueurs.*

Verge carrée d'acier fondu, tirée à la filière;

Torsion de..... 1°.
Côté du carré... $0^m$,00572.

| Longueurs en décimètres. | Poids observés. | Poids calculés. |
|---|---|---|
| 12 | 132 gr. | 132 gr. |
| 11 | 145 | 144 |
| 10 | 159 | 158,4 |
| 9 | 175 | 176 |
| 8 | 198 | 198 |
| 7 | 226 | 226,3 |
| 6 | 263 | 264 |
| 5 | 317 | 316,8 |
| 4 | 395 | 396 |
| 3 | 525 | 528 |
| 2 | 787 | 792 |
| 1. | 1575. | 1584. |

résulte, de la comparaison des nombres contenus s la deuxième colonne aux longueurs indiquées dans remière en décimètres, que les dimensions transales restant constantes, l'arc de torsion restant égaent constant, les poids sont en raison inverse de la gueur, et que, par conséquent, les deux dimensions sversales restant les mêmes ainsi que les poids, les de torsion sont directement proportionnels aux lonurs; car, si l'on suppose cette loi exacte et que l'on e le calcul, en partant du poids qui se rapporte à la s grande longueur, on obtient les nombres contenus

dans la troisième colonne, nombres qui diffèrent très-peu de ceux qui leur correspondent dans la seconde. On remarque seulement que, pour les longueurs de 4, 3, 2, 1 décimètres, les poids donnés par l'expérience deviennent un peu trop faibles, et d'autant plus que la longueur est moins grande; ce qui provient évidemment de ce que la verge ayant alors une grosseur considérable relativement à sa longueur, elle se tordait d'une manière permanente, à la vérité d'un très-petit arc; mais néanmoins cela suffisait pour rendre l'observation incertaine au point qu'il était presque impossible d'apprécier le poids exactement, même à 10 ou 20 grammes près.

Cette loi n'est pas limitée au cas de la verge carrée; elle convient aussi aux verges cylindriques, à celles dont la section est un triangle équilatéral; elle s'étend même au cas des lames ou plaques larges et minces.

Lame de verre;

Largeur... 0,0544;
Epaisseur.. 0,001516;
Torsion de 1°.

| Longueurs. | Poids. |
|---|---|
| $0^m,63$ | 70 gr. |
| 0 ,315 | 140. |

Planche de chêne;

Largeur... $0^m,096$;
Epaisseur.. 0 ,0017;
Torsion de 1°.

| Longueurs. | Poids. |
|---|---|
| 0m,5764 | 3g,93 |
| 0 ,2882. | 7 ,87. |

Verge prismatique triangulaire de cuivre.

Côté du triangle... 0m,0088 ;
Torsion de....... 1°.

| ongueurs. | Poids observés. | Poids calculés. |
|---|---|---|
| 0m,637 | 141g,5 | 141g,5 |
| 0 ,492 | 183 ,5 | 183 ,2 |
| 0 ,360 | 249 ,5 | 250 ,37 |
| 0 ,2415 | 372 ,5 | 373 ,23 |
| 0 ,154. | 580. | 585 ,29. |

V. *Loi des sections transversales semblables.*

1°. *Verges cylindriques.*

Verges cylindriques de cuivre, tirées à la filière ;

Longueur commune... 0m,649.

| n. 0m,0024. | N° 2. Dia. 0m,00458. | | N° 3. Dia. 0m,00691. | | N° 4. Dia. 0m,00904. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids calculés. | Poids observés. | Poids calculés. | Poids observés. | Poids calculés. | Poids observés. | Poids calculés. |
| 2g,97 | 41 gr. | 41g,17 | 207gr. | 207gr. | 580 gr. | 580 gr. |
| 5 ,94 | 83 | 82 ,34 | 415 | 414 | 1155 | 1160 |
| 8 ,91 | 125 | 123 ,51 | 625 | 621 | 1745 | 1740 |
| 11 ,88 | 166 | 164 ,68 | 830 | 828 | 2320 | 2320 |
| 14 ,85 | 205 | 205 ,85 | 1030 | 1035 | | |
| 17 ,82 | 248 | 247 ,02 | 1240 | 1242 | | |
| 20 ,79 | 287 | 288 ,19 | 1450 | 1449 | | |
| 23 ,76 | 327 | 329 ,36 | 1660 | 1656 | | |
| 26 ,73 | | | | | | |
| 29 ,70 | | | | | | |
| 32 ,67 | | | | | | |
| 35 ,64 | | | | | | |
| 38 ,61 | | | | | | |
| 41 ,58 | | | | | | |
| 44 ,55 | | | | | | |

Si on élève à la quatrième puissance les diamètres de ces quatre cylindres, on aura les nombres suivans : 33,1776; 440,00935696; 2279,88105361; 6678,41990656, qui sont entre eux comme les nombres 1; 13,262; 68,717; 201,293 : d'un autre côté, les poids étant entre eux comme les nombres 1; 13,862; 69,697; 195,286, on peut conclure de cette expérience que la longueur et l'arc de torsion restant constans, les poids sont en raison directe de la quatrième puissance du diamètre, et que, par conséquent, la longueur et le poids restant constans, les arcs sont en raison inverse de la quatrième puissance du diamètre ou du carré de l'aire de la section transversale. On pourrait cependant remarquer que les nombres 201,293 et 195,286 diffèrent entre eux d'une quantité assez notable; mais il faut observer que le cylindre n° 4 ayant un diamètre de près d'un centimètre, il ne pouvait être tordu que par des poids considérables, et que, quand il était abandonné à lui-même, il ne revenait pas parfaitement à sa première situation ; ce qui rendait l'observation des arcs très-longue et très-difficile : enfin, les verges de cuivre que j'ai employées ayant été tirées à la filière, elles n'étaient pas exactement cylindriques, de sorte que les diamètres indiqués dans le tableau ne sont que des moyennes d'un grand nombre de mesures prises suivant diverses diamétrales ; et si l'on fait attention que si le diamètre du n° 4 était diminué d'environ $\frac{1}{100}$ de millimètre, la différence deviendrait presque nulle; on sera surpris que l'expérience s'accorde si bien avec le calcul.

2°. *Verges carrées.*

s prismatiques carrées de cuivre, tirées à la filière;

Longueur commune... $0^m,649$.

| 1. | N° 1. Côté du carré $0^m,00468$. | N° 2. Côté du carré $0^m,00566$. | N° 3. Côté du carré $0^m,00918$. |
|---|---|---|---|
| | Poids. | Poids. | Poids. |
| . | $59^g,5$<br>119<br>178 ,5<br>238<br>297 ,5<br>357. | $127^g.5$<br>255<br>382 ,5<br>509. | $880^{gr.}$<br>1760<br>2640<br>3520. |

côtés des sections transversales de chacune de ces étant élevés à la quatrième puissance, on obtient nbres suivans : 479,71512576; 1026,27966736; 3740176, qui sont entre eux comme les nombres 393; 14,8043 : tandis que les poids correspondans mme les nombres 1; 2,1429; 14,7899; d'où l'on er cette conséquence que la longueur de la verge c de torsion restant constans, les poids sont en directe de la quatrième puissance du côté du carré; iséquent, la longueur et le poids restant constans, s sont en raison inverse de la quatrième puissance du carré, ou du carré de l'aire de la section trans-.

r les trois verges de cette expérience, les poids sensiblement proportionnels aux arcs; ce qu'il

faut attribuer à ce que, à raison de leur forme, il était plus facile de les fixer dans l'étau ; aussi la loi de la proportionnalité des poids aux quatrièmes puissances du côté des carrés, se vérifie-t-elle d'une manière qu'on peut regarder comme rigoureuse.

3°. *Verges à sections rectangulaires semblables.*

Comme il serait très-difficile de faire tirer à la filière des verges de métal ayant des sections rectangulaires exactement semblables, je me suis décidé à faire cette expérience sur du bois ; mais ici il fallait éluder une autre difficulté ; c'est que l'élasticité du bois n'étant pas la même dans tous les sens, il fallait nécessairement que les faces des verges conservassent exactement les mêmes relations de position par rapport aux axes d'élasticité, sans quoi les résultats n'eussent point été comparables. Ainsi, par exemple, si, dans un même morceau de hêtre, on taille deux petites verges dont les sections soient des rectangles un peu allongés et dont les arêtes soient parallèles à la direction des fibres du bois, leur réaction de torsion sera très-différente si l'une d'elles a ses grandes faces parallèles à l'axe d'élasticité intermédiaire, c'est-à-dire, au rayon de l'arbre, et si l'autre les a parallèles au sens de moindre élasticité, c'est-à-dire, aux couches ligneuses; c'est ce que prouve l'expérience suivante faite sur deux verges de hêtre prises à côté l'une de l'autre dans le même morceau, et qui avaient les dimensions suivantes:

| | |
|---|---|
| Longueur..... | $0^{m}$,198 ; |
| Largeur...... | 0 ,015333 ; |
| Epaisseur..... | 0 ,00404. |

Un poids de $19^g,25$ suffisait pour tordre d'un degré celle de ces verges dont les grandes faces étaient parallèles à la direction de moindre élasticité, tandis qu'il fallait $24^g,8$ pour tordre du même arc celle dont les grandes faces étaient parallèles à l'axe d'élasticité intermédiaire. Ce résultat montre donc que, pour chercher la loi des verges à sections semblables sur du bois, il fallait employer la même verge et la diminuer ensuite en l'usant parallèlement à ses faces, afin que les directions des élasticités par rapport aux faces ne fussent point changées.

Verges de chêne;

Longueur constante... $0^m,5235$.

| Arc de torsion. | N° 1. Largeur $0^m,046634$. Epaisseur $0,01059$. | N° 2. Largeur $0^m,023317$. Epaisseur $0,005295$. |
|---|---|---|
| | Poids. | Poids. |
| 1°. | 355 | 22 |
| 2 | 710 | 44 |
| 3 | 1066 | 66 |
| 4 | 1422. | 89. |

Dans ces deux verges, les carrés des aires des sections transversales sont entre eux comme 1 : 16, puisque les dimensions de la plus grande sont doubles de celles de la plus petite; et les poids sont entre eux comme 1 : 16,1364: ainsi, pour les verges à sections rectangulaires semblables, les poids sont encore en raison directe du carré de l'aire de la section transversale, comme nous avons trouvé que cela avait lieu également pour les verges cylindriques et prismatiques carrées, et comme nous allons voir que

cela a encore lieu pour les verges prismatiques triangulaires.

### 4°. *Verges triangulaires.*

Verges prismatiques triangulaires équilatérales de cuivre, tirées à la filière ;

Longueur commune. . . 0$^{m}$,6383.

| Arc de torsion. | N° 1. Côté du triangle 4$^{mm}$.35. Poids observés. | N° 1. Poids calculés. | N° 2. Côté du triang. 7$^{mm}$.8. Poids observés. | N° 2. Poids calculés. | N° 3. Côté du triang. 8$^{mm}$.8. Poids observés. | N° 3. Poids calculés. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1°. | 8$^{g}$,35 | 8$^{g}$,37 | 86$^{gr.}$ | 86$^{gr.}$ | 141$^{g}$.5 | 141$^{g}$,51 |
| 2 | 16,7 | 16,74 | 172 | 172 | 283 | 283,02 |
| 3 | 25,05 | 25,11 | 258 | 258 | 426 | 424,53 |
| 4 | 33,45 | 33,48 | 344.5 | 344 | 566 | 566,04 |
| 5 | 41,7 | 41,85 | 430,5 | 430 | 708 | 707,55 |
| 6 | 50,2 | 50,22 | 515 | 516 | 850 | 849,06 |
| 7 | .... | .... | .... | ... | 990 | 990,57 |
| 8 | .... | .... | .... | ... | 1130 | 1132,08 |

Les côtés des triangles qui forment les sections transversales de ces trois verges étant élevés à la quatrième puissance, on obtient les nombres 358,06100625 ; 3701,5056 ; 5996,9536, qui, en prenant le 1$^{er}$ pour unité, sont comme les nombres 1 ; 10,3376 ; 16,7484. Les poids sont d'ailleurs comme 1 ; 10,2748 ; 16,9068, de sorte que la même loi de la proportionnalité des poids au carré de l'aire de la section transversale, se vérifiant encore ici avec une exactitude très-remarquable, on peut tirer des faits précédens cette loi générale : *Pour les ver-*

*ges à sections semblables, la longueur et l'arc de torsion restant constans, les poids sont en raison directe de la quatrième puissance des dimensions linéaires de la section; et la longueur et le poids restant constans, les arcs sont en raison inverse de la quatrième puissance des dimensions linéaires de la section.*

§ V. *Influence des dimensions transversales dans les verges dont les sections sont rectangulaires, mais ne sont pas semblables.*

D'après la remarque que nous avons faite plus haut à l'occasion de la loi de torsion des verges dont les sections sont rectangulaires et semblables, il fallait ici, par les mêmes raisons, avoir égard à l'état élastique de la substance qui formait les verges, et, de plus, il n'était pas possible de faire l'expérience sur une seule verge de bois diminuée successivement d'épaisseur, attendu que les dimensions ne devant point être diminuées proportionnellement, l'influence des élasticités transversales ne serait plus la même dans les différens cas : en conséquence, il m'a semblé qu'il était préférable de faire cette expérience sur une substance qu'on pût regarder comme sensiblement homogène, et j'ai choisi pour cela le plâtre, qui, ainsi qu'on peut le constater au moyen des vibrations sonores, ne présente que des différences d'élasticité fort légères; et, pour atténuer autant que possible les causes d'erreurs, j'ai opéré sur la même verge diminuée ensuite d'épaisseur et de largeur, la longueur demeurant constante.

Longueur constante... $0^{m},374333$.

| N° 1. | N° 2. |
|---|---|
| Largeur..... $0^{m},0271$. | Largeur.... $0^{m},017213$. |
| Epaisseur.... $0\ ,00698$. | Epaisseur... $0\ ,005188$. |
| Arc de torsion..... 1°. | Arc de torsion..... 1°. |
| Poids....... 120 gr. | Poids...... $30^{g},33$. |

Si l'on prend le produit des cubes des dimensions transversales, et qu'on le divise par la somme des carrés de ces mêmes dimensions, on aura les nombres suivans: 8642,513319; 2203,406422, qui sont entre eux comme les nombres 3,922 et 1; d'un autre côté, 120 et 30,33, qui représentent les nombres de grammes nécessaires pour tordre chaque verge d'un degré, sont entre eux comme 3,956 et 1; de sorte qu'on tire de là la loi suivante: *dans les verges à sections rectangulaires les poids sont directement proportionnels au produit des cubes des dimensions transversales, divisé par la somme des carrés de ces dimensions, et par conséquent les arcs sont en raison inverse du produit des cubes des dimensions divisé par la somme de leurs carrés.*

Il suit de cette loi que, si la largeur des verges reste constante, et qu'elle soit très-grande relativement à leur épaisseur, les poids seront sensiblement proportionnels aux cubes des épaisseurs, même dans le cas où l'élasticité n'est pas la même dans tous les sens; ce qui est en effet conforme à l'expérience.

Lame de chêne.

| | |
|---|---|
| Longueur. . . 0$^{m}$,5764. | La même lame réduite à l'épaisseur de 0$^{m}$,00254. |
| Largeur. . . . . 0 ,096. | Arc de torsion. . . . . . 1°. |
| Epaisseur. . . 0 ,00537. | Poids. . . . . . . . . 11$^{g}$,4. |
| Arc de torsion. . . . . 1°. | |
| Poids. . . . . . . 105 grain. | |

Rapport des cubes des épaisseurs. . . . 1 : 9,449.
Rapport des poids. . . . . . . . . . . . . . . . . . 1 : 9,21.

Il suit aussi de la loi précédente que, pour les lames larges et minces, les poids sont sensiblement proportionnels à la simple largeur; ce qui s'accorde également avec l'expérience.

Lame de verre.

| | |
|---|---|
| Longueur. . . 0$^{m}$,315. | La même lame réduite à la largeur de. . 0$^{m}$,02546. |
| Largeur. . . . . 0 ,0544. | Arc de torsion. . . . . . 1°. |
| Epaisseur. . . 0 ,001516. | Poids. . . . . . . . . . 34 gr. |
| Arc de torsion. . . . . . 1°. | |
| Poids. . . . . . . 70 gr. | |

Rapport des largeurs. . . 1 : 2,1366.
Rapport des poids. . . . . . 1 : 2,0588.

RÉSUMÉ.

Les divers résultats auxquels nous avons été conduit dans ce travail peuvent se réduire aux lois suivantes :

1°. Quel que soit le contour de la section transversale des verges, les arcs de torsion sont directement proportionnels au moment de la force et à la longueur.

2°. Lorsque les sections des verges sont semblables entre elles, qu'elles soient d'ailleurs circulaires, triangulaires, carrées, ou des rectangles très-allongés, les arcs de torsion sont en raison inverse de la quatrième puissance des dimensions linéaires de la section.

3°. Lorsque les sections sont des rectangles et que les verges possèdent une élasticité uniforme dans tous les sens, les arcs de torsion sont en raison inverse du produit des cubes des dimensions transversales, divisé par la somme de leurs carrés; d'où il suit que, si la largeur est très-grande relativement à l'épaisseur, les arcs de torsion seront sensiblement en raison inverse de la largeur et du cube de l'épaisseur, lois qui sont encore vraies dans le cas où l'élasticité n'est pas la même dans toutes les directions.

Ces lois sont, pour le cas particulier des verges cylindriques, les mêmes que celles que M. Poisson a obtenues par l'analyse; et, pour le cas plus général des verges cylindriques et des verges rectangulaires, exactement les mêmes que celles que M. Cauchy a publiées dans un travail postérieur à celui de M. Poisson : on peut même ajouter que le calcul ne s'est jamais mieux accordé avec l'expérience qu'il ne le fait en cette circonstance. Ainsi, à l'avenir, dans toutes les applications aux constructions ou aux arts, on pourra faire usage de ces lois sans craindre de commettre aucune erreur; seulement, lorsqu'il s'agira de la réaction de torsion de l'acier et des alliages, il faudra avoir égard aux circonstances qui auront accompagné le refroidissement de ces substances.

En effet, tant que les métaux sont purs, le recuit ni la trempe ne paraissent influer en rien sur leur résis-

nce à la torsion; c'est du moins ce que j'ai observé sur cuivre, le platine et le fer; mais il n'en est plus de ême pour les alliages tels que le laiton et le métal des mtams, non plus que pour l'acier, ainsi qu'on peut le ›ir dans ces tableaux.

Fil de laiton tiré à la filière et aplati au marteau :

Longueur........ $0^m,3$ ;
Arc de torsion.... 1°.

| Etat du corps. | Poids. |
|---|---|
| Ecroui............. | 357g.5 |
| Refroidissement lent.. | 370 |
| *Idem* subit.......... | 357 .5 |
| *Idem* lent........... | 370 |
| *Idem* subit.......... | 355 |
| *Idem* lent........... | 367 |
| *Idem* subit.......... | 355 |
| *Idem* lent........... | 367. |

Plusieurs autres verges de laiton ont offert exactement :s mêmes résultats, de sorte que cette substance ne con- ient nullement pour faire des recherches sur les lois de ı force de torsion, vu qu'il est assez difficile de recuire ien uniformément une verge un peu longue. Il peut onc arriver que la réaction de torsion ne soit pas la même ans toute la longueur, comme on le voit dans l'exemple uivant :

Verge prismatique carrée de laiton tirée à la filière :

Longueur.................. $1^m,302$ ;
Côté du carré................ 0,00572 ;
Arc de torsion............... 1° ;
Poids pour l'une des moitiés.... 110 gr.
Pour l'autre moitié........... 92.

Alliage des tamtams, verge à section rectangulaire :

| | |
|---|---|
| Longueur.................... | $0^{m},144$ ; |
| Largeur..................... | 0 ,01732 ; |
| Epaisseur.................... | 0 ,00256 ; |
| Arc de torsion................ | 1°. |

| Refroidissement. | Poids. |
|---|---|
| Lent....... | 380 |
| Subit....... | 300 |
| Lent....... | 380 |
| Subit....... | 300. |

Ainsi, un refroidissement lent produit sur cette su stance un effet analogue à celui qu'il produit sur le laito c'est-à-dire, une réaction de torsion plus grande.

Acier fondu ; verge à section rectangulaire :

| | |
|---|---|
| Longueur....... | $0^{m},14$ ; |
| Largeur........ | 0 ,0156 ; |
| Epaisseur....... | 0 ,0056 ; |
| Arc de torsion... | 1°. |

| Refroidissement. | Poids. |
|---|---|
| Subit....... | 2500 gr. |
| Lent....... | 2670 |
| Subit...... | 2400 |
| Lent....... | 3000 |
| Subit...... | 2900 |
| Subit...... | 2700 |
| Subit...... | 2900 |
| Lent....... | 2950. |

Comme on le voit par ce tableau, les circonstances particulières du refroidissement ont ici une grande influence sur la réaction de torsion; mais, néanmoins, un refroidissement lent produit toujours une réaction de torsion plus grande qu'un refroidissement subit; ce qui s'explique très-bien, puisque les particules ont alors le temps de s'arranger avec régularité. La différence entre la trempe de l'acier et celle du métal des tamtams disparaît donc en cette circonstance; mais il n'en est pas moins remarquable que l'acier augmente de dureté par un refroidissement subit, tandis que la dureté du métal des tamtams diminue.

Il aurait été extrêmement curieux de rechercher, pour chaque substance, le point où elle cesse de revenir à sa première position, lorsqu'elle a été tordue par un poids qui excède sa réaction de torsion, et de voir quel rôle joue le temps dans le déplacement des particules soumises ainsi à une force extérieure : j'ai fait quelques tentatives à ce sujet, mais je n'ai pas encore eu le loisir de terminer mon travail. Je puis cependant déjà dire ici que, quelque faible que soit la force qui tord la verge, celle-ci commence toujours par se tordre d'une manière permanente avant de réagir comme si elle était parfaitement élastique, et que, si l'on augmente la force, il s'opère une nouvelle torsion permanente, et ainsi de suite; enfin, que, si on laisse la force agir pendant plusieurs heures, l'arc de torsion augmente, mais d'une quantité qui décroît insensiblement. Il serait très-utile de continuer ces recherches, parce qu'elles sont de nature à amener des résultats importans touchant les forces auxquelles les particules des corps sont soumises.

---

## Action *de la potasse sur les matières organiques.*

Par M. Gay-Lussac.

(Institut, 20 juillet 1829.)

M. Vauquelin, en traitant l'acide pectique par la potasse, dans un creuset, l'a converti en oxalate de potasse. Cette expérience m'a suggéré l'idée de soumettre au même traitement la matière ligneuse, qui n'est pas sans analogie avec l'acide pectique, et j'ai en effet obtenu le résultat que j'attendais.

J'ai pris 5 gr. de coton que j'ai mis dans un creuset de platine avec 25 gr. de potasse à l'alcool, et j'ai ajouté un peu d'eau au mélange. Le creuset a été chauffé modérément sur la lampe à esprit-de-vin, loin de la chaleur rouge. Le coton résiste quelque temps à l'action de l'alcali; mais il finit par se ramollir; le mélange se tuméfie sans se charbonner, et l'action de l'alcali sur la matière ligneuse s'annonce par un dégagement d'hydrogène. Pendant ce mouvement de tuméfaction, on doit remuer continuellement le mélange. Lorsqu'il est apaisé, on dissout la masse dans l'eau, et on sursature légèrement avec de l'acide nitrique; elle donne alors avec le nitrate de plomb un abondant précipité qui, traité par l'acide hydrosulfurique, produit de très-beaux cristaux d'acide oxalique. Avec le nitrate de chaux, on obtient aussi un précipité très-volumineux d'oxalate de chaux.

La sciure de bois, soumise au même traitement que le coton, m'a donné un résultat semblable.

Le sucre, mélangé avec quatre à cinq fois son poids de

otasse, a d'abord bruni; mais ensuite il a blanchi et a urni beaucoup d'acide oxalique.

L'amidon forme avec la potasse une masse très-gluti-use, qui se maintient long-temps dans cet état. L'ad-tion d'une nouvelle quantité d'alcali détermine la uéfaction; le mélange se tuméfie et se convertit en :alate de potasse.

La gomme et le sucre de lait sont également trans-rmés en acide oxalique, avec dégagement de gaz ydrogène.

Mais une des plus remarquables de ces transforma-ons en acide oxalique est celle de l'acide tartrique. Il y a point tumescence; le mélange ne noircit point, , ce qui mérite une attention particulière, il se dégage ne si petite quantité d'hydrogène que l'on doit admettre u'elle est due à la présence d'un peu de matière végé-le étrangère. Lorsqu'on veut recueillir l'hydrogène, n fait l'expérience dans une cornue à laquelle on adapte n tube de verre un peu long, et que l'on fait plonger u-dessous d'une couche d'eau dans un peu de mercure, our éviter qu'il y ait absorption. La cornue peut être hauffée dans un bain d'huile ou de mercure, et il est lors facile de reconnaître qu'une température de 200° u plus suffit pour la formation de l'acide oxalique.

L'acide citrique et l'acide mucique produisent aussi eaucoup d'acide oxalique. J'en ai encore obtenu avec 'acide succinique; mais l'acide benzoïque a résisté à 'action de la potasse et s'est conservé sans altération.

L'acétate de potasse, chauffé avec un excès de potasse, 'est transformé en carbonate. J'ai cependant obtenu un eu d'oxalate de chaux quand j'ai versé du nitrate de

chaux dans la dissolution de la masse restante, après l'avoir sursaturée d'acide acétique; mais il est très-probable que l'acide oxalique était dû à un peu de matière végétale étrangère.

L'huile de colza, malgré un grand excès de potasse, n'a pu être amenée à fusion. Je n'en ai obtenu qu'une quantité très-petite d'acide oxalique.

Parmi les substances de nature animale, la soie, traitée par la potasse, a donné de l'acide oxalique avec dégagement d'hydrogène.

L'acide urique a laissé dégager de l'ammoniaque pendant l'opération. Le mélange est resté très-blanc. Dissous dans l'eau et saturé par l'acide nitrique, il a laissé dégager de l'acide hydrocyanique et beaucoup d'acide carbonique; le nitrate de chaux a ensuite produit dans la dissolution un précipité abondant d'oxalate de chaux. La gélatine a donné un résultat semblable; mais avec l'indigo je n'ai point aperçu d'acide oxalique.

Le carbonate de potasse, substitué à la potasse caustique, n'a pas produit avec le tartre d'acide oxalique. La chaux et l'amidon n'en ont pas produit non plus; mais la soude peut remplacer avantageusement la potasse.

Il résulte de ces expériences qu'un grand nombre de substances végétales et animales, traitées par la potasse ou la soude caustiques, se transforment en acide oxalique. Il est à remarquer que la formation de cet acide précède celle de l'acide carbonique, et précisément dans les mêmes circonstances où le soufre et la potasse, par exemple, produisent de l'acide hyposulfureux et de l'acide sulfurique. Ainsi une substance végétale, chauf-

fée modérément avec de la potasse, donnera de l'acide oxalique, et plus fortement de l'acide carbonique.

Puisque des substances organiques très-différentes produisent de l'acide oxalique, il est nécessaire qu'il se forme d'autres produits. Beaucoup de substances végétales donnent de l'hydrogène, qui doit provenir de la substance elle-même ou de l'eau, et enfin de l'acide carbonique. Les matières animales, outre ces deux produits, donnent de l'ammoniaque et du cyanogène. Il peut, en outre, se former de l'eau avec les substances animales, comme avec les substances végétales. Ces divers produits, ou seulement quelques-uns d'entre eux, sont suffisans pour expliquer en général la formation de l'acide oxalique; néanmoins, dans quelques cas particuliers, il semble qu'on doive obtenir d'autres produits. Ainsi, l'acide tartrique ne donnant pas sensiblement d'hydrogène, on ne peut, d'après sa composition,

2 $\frac{1}{2}$ proportions d'hydrogène,
4............ de carbone,
5............ d'oxigène,

expliquer sa transformation en acide oxalique, d'après les produits possibles cités.

En effet, pendant l'opération, la masse reste blanche et ne se charbonne pas. Si tout le carbone entrait dans la composition de l'acide oxalique, il lui faudrait six proportions d'oxigène, et par conséquent l'eau devrait être décomposée pour lui en fournir une. S'il ne se formait qu'une quantité d'acide oxalique proportionnelle à celle de l'oxigène contenu dans l'acide tartrique, il resterait $\frac{2}{3}$ de proportion de carbone qui pourraient former

un composé particulier avec l'hydrogène, et pour une proportion d'acide tartrique, on en obtiendrait $1\frac{2}{3}$ d'acide oxalique. J'ai, en effet, obtenu, au lieu de ce dernier nombre, au moins $1\frac{1}{3}$; mais je n'ai encore découvert aucun produit hydrogéné. Enfin, il serait possible qu'avec du carbone, de l'hydrogène et de l'oxigène, il se fût formé un acide particulier. Cet objet, comme on voit, mérite de nouvelles recherches, et je les aurais déjà entreprises si des occupations obligées, vers le temps des vacances, m'en avaient laissé le loisir; mais je compte les reprendre dans peu de temps.

Je termine en indiquant un procédé très-élégant de transformer le tartre en oxalate de potasse. Il consiste à dissoudre du tartre brut dans l'eau avec une quantité convenable de potasse ou de soude, et à faire passer la dissolution en courant continu, au moyen d'une pompe, dans un tube épais de fer, de fonte ou de bronze chauffé à 200 ou 225°. La pression ne sera au plus que de 25 atmosphères, parce qu'il ne se dégagera aucun gaz. Une soupape, placée à l'extrémité opposée à celle par laquelle entrera la dissolution, sera chargée d'un poids suffisant pour obtenir cette pression, et ne s'ouvrira que par la pression contraire de la pompe d'injection. Je n'ai pas encore essayé ce procédé, qui peut s'appliquer aussi à d'autres substances; mais je ne vois rien qui s'oppose à son succès. D'après quelques expériences que j'ai faites, il faudra moins d'une proportion de potasse pour une proportion de tartrate neutre.

---

# SUR *les Moyens de rendre le platine malléable.*

PAR M. WILLIAM HYDE WOLLASTON.

( Traduit des *Transactions philosophiques.* 1819. )

UNE longue expérience m'ayant mis, je suppose, plus qu'aucun autre membre de cette Société, au fait des opérations à l'aide desquelles on peut rendre le platine parfaitement malléable, je vais essayer de décrire avec toute la brièveté que la clarté comportera, la méthode dont je me suis servi pendant un certain nombre d'années, sans avoir trouvé l'occasion, ni senti le désir de quelque perfectionnement ultérieur.

Le moyen usuel d'obtenir ce métal à l'état de pureté par sa solution dans l'eau régale et sa précipitation à l'aide du sel ammoniac est connu de tous les chimistes ; mais j'ignore si, pour éviter de dissoudre l'iridium contenu dans le minerai, on a habituellement le soin d'affaiblir suffisamment l'acide. Dans le Mémoire que je publiai, en 1804, sur un nouveau métal, le rhodium, j'indiquai cette précaution ; mais je négligeai de dire à quel degré l'acide devait être affaibli. Je recommanderai donc aujourd'hui que chaque partie de l'acide muriatique le plus fort soit mêlée avec une égale quantité d'eau, et, de plus, qu'on se serve de l'acide nitrique connu sous le nom de simple *eau forte* : il y aura ainsi économie dans l'achat de ce dernier acide, et en outre plus de pureté dans les produits.

Quant à la proportion des deux acides qu'il convient d'employer, je dirai, en nombres ronds, qu'une quantité

d'acide muriatique équivalente à 150 de base, mêlée à une quantité d'acide nitrique équivalente à 40 de base, s'emparera de 100 parties de platine brut (*crude platine*); mais qu'afin d'éviter des pertes d'acide, et aussi pour rendre la solution plus pure, il faudra opérer sur un excès de minerai de 20 pour cent au moins. Il sera utile de faire digérer la solution trois ou quatre jours, en lui appliquant une chaleur graduellement croissante. Après l'avoir décantée, on la laissera en repos jusqu'à ce qu'une certaine quantité de mine d'iridium, suspendue dans le liquide, se soit complètement précipitée. C'est alors seulement qu'on mêlera la solution avec 41 parties de sel ammoniac, dissoutes dans cinq fois leur poids d'eau. Le premier précipité qu'on obtiendra ainsi pèsera 165 parties, et en donnera environ 66 de platine pur.

L'eau mère contient toujours environ 11 parties de platine, et de plus quelques portions dissoutes de plusieurs autres métaux. Pour les obtenir, on précipitera le tout en se servant de barreaux de fer bien décapés, et en dissolvant de nouveau dans une quantité convenable d'eau régale, semblable pour sa composition à celle dont j'ai parlé plus haut; mais, dans ce cas, avant d'ajouter le sel ammoniac, il faut mêler à la solution nitromuriatique, pour chaque 32 parties, une partie d'acide muriatique concentré. On empêche ainsi que le palladium ou le plomb ne se précipitent en même temps que le muriate ammoniacal de platine.

Il faut bien laver le précipité jaune, afin de le débarrasser des diverses impuretés qui sont contenues, comme on sait, dans le minerai complexe dont il s'agit, et enfin

: bien presser pour en exprimer les derniers restes du-
ivage. Ensuite on le fait chauffer dans un pot de plom-
agine avec de grandes précautions; la faible chaleur
u'on emploiera doit être tout juste suffisante pour ex-
ulser la totalité du sel ammoniac, et telle que les par-
cules de platine adhèrent les unes aux autres aussi peu
ue possible. C'est de là, en effet, que dépendra défi-
itivement la ductilité du métal.

Si la préparation a été faite avec tous les soins conve-
ables, le résidu de platine, en sortant du creuset, sera
risâtre et légèrement cohérent; l'opérateur alors le
roiera entre ses deux mains de manière à le réduire en
ne poudre qui devra être assez fine pour passer à travers
n tamis de linon. Tout ce qui n'aura pas acquis ce
egré de ténuité sera broyé dans un vase de bois avec
n pilon de la même matière; dans aucun cas, on n'em-
loiera des corps plus durs, car ceux-ci bruniraient (1)

---

(1) L'expérience que voici montrera la nécessité de cette
récaution : si l'on coupe un fil de platine avec un instru-
ient tranchant, dans une direction oblique à sa longueur;
ue l'on chauffe chaque portion jusqu'au rouge, et que, après
voir réuni les deux surfaces nouvellement séparées, on frappe
vec un marteau sur une enclume, ces deux surfaces adhé-
eront fortement l'une à l'autre; mais, si elles avaient été
réalablement brunies à l'aide d'un corps dur, leur union, ou
e pourrait pas avoir lieu, ou s'effectuerait très-difficilement.

Quand les particules de platine avaient été ou trop chauf-
ées durant la décomposition du muriate ammoniacal, ou
runies pendant la trituration, j'essayais en vain de rendre
eurs surfaces adhésives en les plongeant dans une solution
e sel ammoniac dans l'acide nitrique.

les particules de platine, et cela suffirait pour les empêcher, dans la suite du procédé, de contracter l'adhérence voulue. Comme le tout doit être bien lavé dans de l'eau pure, l'opérateur pourra, à la fin, faciliter beaucoup son travail en ajoutant de l'eau, afin d'enlever les portions les plus fines aussitôt qu'elles sont susceptibles de rester en suspension dans le liquide.

Ceux qui voudront considérer ces opérations sous le point de vue scientifique remarqueront que, puisque le platine ne peut pas être fondu à l'aide de la plus violente chaleur de nos fourneaux, on ne saurait le débarrasser des impuretés auxquelles il est mêlé, ainsi qu'on le fait pour les autres métaux, en faisant agir des flux sur la matière en fusion. La liquéfaction, comme moyen d'arriver à l'homogénéité, manque ici également; une grande division, à l'aide de l'eau, peut donc seule suppléer jusqu'à un certain point à la fusion proprement dite, en permettant aux matières terreuses de se porter à la surface, à cause de leur légèreté spécifique, et en faisant jouer autant que possible, au pouvoir dissolvant de l'eau, le rôle que le borax et les autres flux remplissent en entraînant les oxides solubles.

En lavant, agitant et décantant à plusieurs reprises, les parties les plus fines de la poudre grisâtre de platine peuvent être obtenues dans un degré de pureté comparable à ce que les divers procédés de la métallurgie nous donnent pour les autres métaux (1); et si, à la fin de

(1) En faisant digérer de l'acide sulfurique sur la poudre grise de platine ainsi préparée, on n'en extrait pas $\frac{1}{1000}$me de fer.

toutes les opérations, on laisse le liquide en repos dans un vase propre, il se dépose une boue ou pulpe uniforme, toute prête à subir l'opération subséquente de la fusion.

Le moule dans lequel j'ai opéré la fusion est un canon de laiton de 6$^{po.}$ $\frac{3}{4}$ de long, ayant dans l'intérieur une forme légèrement conique, ce qui facilite le dégagement du lingot. Cet intérieur a, dans le haut, 1$^{po.}$,12 de diamètre et 1$^{po.}$,23, à une distance de un quart de pouce du fond. Ce canal, légèrement évasé, est fermé dans le bas avec un bouchon d'acier qui y pénètre d'un quart de pouce. Il faut bien graisser l'intérieur de ce moule avec du sain-doux, et assujettir le tampon à l'aide d'un peu de papier roulé autour de sa surface; cette précaution permet d'enlever facilement le tampon quand cela est nécessaire, et l'eau contenue dans le moule peut s'écouler dès qu'on lui fait subir une certaine pression. On place alors le canon debout dans un vase d'eau; on le remplit du même liquide; on y verse ensuite de la boue de platine jusqu'à ce qu'il en soit totalement plein. Cette boue, en tombant au fond de l'eau, ne peut pas manquer de se répandre uniformément partout et sans laisser de vide; en tout cas, on y pourvoirait à l'aide d'une forte pression. D'ailleurs on découvre si quelque vide s'est formé, en pesant le canon quand il est plein, et en comparant le poids qu'il a ainsi acquis, avec le poids d'eau et de platine correspondant à sa capacité intérieure (1). Un disque de papier mou, surmonté d'un

(1) D'après le poids moyen des lingots obtenus dans des opérations précédentes, on sait que le moule doit contenir

disque pareil d'étoffe de laine, étant ajusté à la surface supérieure du moule, laisse passer l'eau quand on comprime l[illegible] à l'aide d'un piston de bois. On remplace, [illegible]cette première opération, le disque de papier par un disque de cuivre, et la pâte a alors assez de consistance pour qu'on puisse soumettre le canon horizontalement à l'action d'une forte presse.

La presse dont je me suis généralement servi pour cet objet (fig. 7) se compose d'une barre de fer plate *AB*, placée sur le tranchant. Pour éviter la flexion, cette [illegible]re est vissée, de haut en bas, vers son milieu, à l'aide [illegible] crochet *E*, à un banc de bois très-fort *CD*. Au moyen d'un pivot situé en *A*, la barre se trouve liée au levier *AFG*. Une traverse en fer *FH*, susceptible de tourner à ses deux extrémités autour des pivots *F* et *H*, est attachée au levier *F*; et, quand ce levier descend, elle pousse en avant le chariot *I*, qui glisse le long de la barre. Une pièce mobile étant placée dans l'espace vacant *Ik*, le chariot communique son mouvement au berceau *klm*, qui glisse aussi le long de la barre et porte le canon *N*. Celui-ci s'avance droit contre le

---

16 onces troy de poudre sèche de platine. Le poids de ce qu'il renferme est donc :

$$16 \text{ onces} \times \frac{\text{pesant. spécif. du platine} - 1}{\text{pesant. spécif. du platine}}$$

$+$ le poids d'un pouce cube d'eau $\times$ la capacité du moule en pouces cubes $= 16$ onces $\times \frac{20,25}{21,25} + 0,526$ onces $\times 7,05$ $= 18,9575$ onces troy. Si le poids est sensiblement moindre que ce dernier nombre, c'est une preuve que la poudre ne s'est pas tassée uniformément dans le moule.

[redacted]



›iston *O*, dont l'extrémité s'appuie sur la saillie *P*, si-
uée à la dernière extrémité de la barre.

Dans cette machine, le poids qui ferait équilibre à a puissance appliquée verticalement à l'extrémité du evier lorsque son angle d'élévation est petit = cette ›uissance $\times \frac{AG \times FH}{AF(AF+FH)} \times$ cotangente de l'angle 'élévation; cette expression, dans la presse que j'em-loie, devient puissance $\times 5 \times$ cot. de l'angle d'éléva-ion du levier. A une élévation de 5°, on trouve 60 fois ı puissance; à 1°, environ 300 fois, et quand le levier evient horizontal, le multiplicateur est presque infini. 'ette explication suffira pour montrer l'effet mécanique ue le poids de l'opérateur, agissant à l'extrémité du le-ier, produira en se servant de la presse susdite, contre ı surface de la section du moule, c'est-à-dire, contre un ›rcle dont le diamètre est seulement d'un peu plus d'un ›uce.

Quand la compression a été poussée aussi loin que ›ssible, le bouchon étant ôté, on enlève facilement masse de platine, grâce à la forme conique du moule. ette masse est alors si ferme et si dure qu'on peut la ›anier sans danger de la rompre. On la place sur un ›u de charbon pour la chauffer jusqu'au rouge, afin de i enlever ainsi l'humidité, brûler la graisse et lui onner un plus grand degré de cohésion. Ensuite on expose au feu dans un fourneau à vent, après l'avoir levée de 2$^{po.}$ $\frac{1}{2}$ au-dessus de la grille, à l'aide d'un sup-ort de terre cuite. Ce support doit être recouvert d'une ouche de sable quartzeux bien propre, sur laquelle la ›asse reposera debout par une de ses extrémités. On la

couvre alors d'un vase cylindrique renversé, formé de la matière de creuset la plus réfractaire, et de telle sorte que les bords de ce vase, à l'extrémité ouverte, reposent sur la couche de sable : il faut bien prendre garde que les parois du vase ne touchent la masse métallique.

Si l'on veut éviter que le platine manufacturé ne se boursouffle, ce qui est le défaut ordinaire de ce métal, il sera nécessaire de soumettre la masse à la plus forte chaleur qu'il soit possible de produire avec un fourneau à vent. Quand cette chaleur a été supérieure à celle que le platine devra jamais éprouver dans les usages auxquels on le destine, on a la certitude de n'y avoir laissé aucune substance dont une moindre température puisse amener ensuite le dégagement. Le fourneau est alimenté avec du coke de Stafforshire; l'opération dure environ 20 minutes, à partir du moment où le fourneau a été allumé, et pendant les 5 dernières minutes on donne un très-fort coup de feu.

La masse étant alors retirée du fourneau, on la place debout sur une enclume, et on la frappe sur son sommet et à coups redoublés avec un marteau pesant, de manière à ne pas être obligé de la remettre au feu. Si, en la forgeant ainsi, le cylindre se courbe, il faut bien se garder de le frapper sur le côté, car il se briserait inévitablement; mais il sera possible de le redresser par des coups adroitement appliqués aux deux extrémités.

L'opération est alors tellement avancée, que le lingot de platine peut être amené, comme tout autre métal, à la forme qu'on désire lui donner, à l'aide des procédés ordinaires, qui consistent à chauffer et forger successivement. Quand le lingot est forgé, on le nettoie des

[redacted]



écailles ferrugineuses dont sa surface a pu se recouvrir au feu, en l'enduisant d'un mélange humide de parties égales en volume de borax cristallisé et de sel de tartre commun ; ce mélange, en fusion, est un dissolvant actif de ces impuretés (1). Il suffit donc de placer le cylindre ainsi enduit dans un creuset de platine, de le recouvrir d'un vase de terre renversé, et de l'exposer à la chaleur d'un fourneau à vent. Dès que le lingot est retiré du fourneau, on le plonge dans un bain d'acide sulfurique étendu, qui, en peu d'heures, dissout entièrement le flux dont la surface est recouverte. On peut alors amener ce lingot à l'état de feuille, le tirer à la filière, le soumettre, en un mot, à toutes les opérations que supportent les métaux les plus ductiles.

On appréciera la perfection de la méthode que je viens de décrire en comparant le métal qu'elle fournit, quant

---

(1) Les chimistes trouveront ce flux très-utile pour débarrasser les creusets ou autres vases de platine des écailles ferrugineuses qui, après un long usage, incrustent leurs surfaces, surtout quand ils ont été fortement chauffés dans des feux de charbon ou de coke. Dans l'analyse des minéraux terreux, je me suis habituellement servi d'un flux analogue, composé de 2 parties en poids de carbonate de soude cristallisé et d'une de borax cristallisé, bien triturés ensemble. Il a l'avantage de ne pas agir, comme le ferait un alcali caustique, sur les creusets de platine, et d'être un puissant dissolvant du jargon et d'autres minéraux qui cèdent difficilement aux flux ordinaires. Quand le minéral sur lequel on opère demande à être oxidé pour subir la décomposition, on ajoute un peu de nitre ou de nitrate de soude.

à sa pesanteur spécifique, avec le platine qui a éprouvé une fusion complète, et sous le rapport de la tenacité aux métaux qui possèdent cette propriété au plus haut degré.

J'ai trouvé 21,16 pour la pesanteur spécifique d'un fil de platine tiré d'un bouton complètement fondu à l'aide du chalumeau à gaz oxi-hydrogène, par feu le docteur Clarcke. La pesanteur spécifique moyenne de la boue de platine, au moment où on l'introduit dans le moule, déduction faite de l'humidité, est 4,3 ; quand on la retire de la presse, cette pesanteur s'est déjà élevée jusqu'à 10; au sortir du fourneau à vent, avant de forger, la contraction a été telle qu'on trouve de 17 à 17,7; enfin, après avoir forgé, le résultat moyen est 21,25. Quelques verges, après avoir été étirées, ont donné 21,4, et enfin, en comparant le poids d'une certaine longueur de fil de platine avec celui d'une longueur égale de fil d'or tiré par le même trou, j'ai obtenu jusqu'à 21,5, ce qui est le *maximum* de pesanteur spécifique qu'on puisse espérer de donner au platine.

Pour déterminer la tenacité moyenne des fils de platine, j'ai cherché quels poids les rompent. En me servant de deux fils de $\frac{1}{3000}$me et de $\frac{1}{3850}$me de pouce de diamètre, j'ai obtenu 409 livres anglaises pour le poids qui romprait un fil étalon de $\frac{1}{10}$me de pouces anglais de diamètre. Le résultat moyen donné par 11 fils dont le plus gros avait $\frac{1}{4500}$me, et le plus fin $\frac{1}{20000}$me de pouce de diamètre, ramené au fil étalon, a été 589 livres ; les extrêmes de ces diverses expériences sont 480 et 645. Les fils les plus gros et les plus fins dont je me sois servi présentent des exceptions ; car un fil de $\frac{1}{1500}$me de pouce

ɔnne 290 livres, et un fil de $\frac{1}{30000}$ᵐ., 190 livres. Si nous loptons 590, résultat fourni par les 11 essais consécutifs ont j'ai parlé, comme la mesure de la ténacité du platine réparé à l'aide du procédé que je viens de faire connaître; nous considérons, en outre, que les ténacités de l'or t du fer, réduites au même étalon, sont respectivement oo et 600, nous aurons toute raison d'être satisfaits du rocédé décrit dans ce Mémoire et à l'aide duquel le platine est rendu malléable.

---

## Sur *la Préparation du Palladium.*

### Par M. Wollaston.

Pour obtenir le palladium malléable, il faut combiner rec le soufre le résidu obtenu en brûlant le prussiate ; ce métal, et, après avoir fondu chaque masse de ılfure, la purifier par coupellation dans un creuset ıvert, en se servant de borax et d'un peu de nitre. Le ılfure doit être ensuite grillé, à une faible chaleur ouge, sur une brique plate; et, lorsqu'il a pris la constance pâteuse, on le presse pour lui donner la forme un gâteau carré ou oblong, mais parfaitement plat. ans cet état, il faut le griller de nouveau très-lentement, à une faible chaleur rouge, jusqu'à ce qu'il devenne spongieux. Durant cette opération, le soufre se égage à l'état d'acide sulfureux, surtout dans les moens où la chaleur diminue. Quand le lingot est entièment refroidi, on le frappe avec un léger marteau,

afin d'abattre et de condenser les excroissances spongieuses de la surface. Il faut, plusieurs fois, le chauffer et le battre légèrement avec beaucoup de patience, avant qu'il puisse supporter des coups un peu forts; mais, à la longue, par ce moyen, on le rend assez plan pour être passé au laminoir et réduit en feuilles du degré de finesse dont on peut avoir besoin.

Ainsi préparé, le métal est toujours fragile quand il est chauffé; peut-être contient-il quelques restes de soufre. J'ai quelquefois fondu le palladium *per se*, sans employer le soufre; mais alors il était si dur et si difficile à manier, que j'ai dû préférer hautement le premier procédé.

---

## Sur *la Préparation de l'Osmium.*

### Par M. Wollaston.

Pour obtenir l'oxide d'osmium à l'état pur, solide et cristallin, je triture ensemble trois parties en poids de mine d'iridium en poudre et une partie de nitre, et je place le mélange dans un creuset froid. Ce creuset est alors chauffé à feu ouvert, au rouge vif, jusqu'à ce que le mélange devienne pâteux : à ce moment, des vapeurs d'osmium se dégagent. La partie soluble de ce mélange est alors dissoute dans la moindre quantité d'eau possible, et l'on verse après la liqueur qui en résulte dans une retorte renfermant parties égales d'eau et d'acide sulfurique. La quantité d'acide sulfurique doit être au moins équivalente à la potasse contenue dans le nitre employé; aucun inconvénient ne se mani-

sterait s'il y en avait un excès. En distillant rapi-
ement dans un réservoir bien propre, aussi long-temps
i'il se dégage des vapeurs d'osmium, cet oxide va se
époser sous la forme d'une croûte blanche aux parois
ı réservoir ; là il se fond en gouttelettes, qui coulent
ısuite dans la solution aqueuse au fond de laquelle
les se réunissent en un globule fluide et aplati. L'oxide
 solidifie et cristallise pendant que le récipient se
froidit. Une opération de ce genre m'a fourni 30 grains
oxide cristallisé, outre une solution aqueuse qui en
ontenait encore beaucoup.

---

## DÉMONSTRATION *d'un théorème d'électricité dynamique.*

PAR Mr J. LIOUVILLE,
Elève ingénieur des Ponts et Chaussées.

En appliquant le calcul aux phénomènes électro-ynamiques, MM. Ampère et Savary se sont appuyés ur ce fait hypothétique, *que l'action mutuelle de deux élémens voltaïques est dirigée suivant la droite qui oint leurs milieux.* La démonstration suivante de ce rincipe est extraite d'un Mémoire assez étendu sur la héorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques, présenté à l'Académie des Sciences au mois de uin 1828.

Elle est fondée sur ce que, de l'ensemble des faits et les expériences directes de M. OErsted, il résulte *que toutes les faces du fil conducteur qui joint les extré-*

*mités d'une pile de Volta sont parfaitement semblables.*

Le cas le plus simple est celui où l'on considère deux élémens $mm'$, $nn'$, allant à la rencontre l'un de l'autre, et dirigés suivant la même droite. (Fig. 8.)

Si ces deux courans sont égaux en intensités et en grandeurs, la direction de leur action mutuelle, devant être nécessairement symétrique par rapport à eux, passera par le point $O$, milieu de $m'n'$. Mais quelle raison aurait-on de préférer, pour la direction cherchée, une ligne telle que $AOB$ à toute autre ligne située sur le cône droit ayant le point $O$ pour sommet, et $2\ AOm$ pour angle au centre ? Aucune absolument, si l'on admet la similitude des faces du fil conducteur. Toutes les lignes différentes de $m'n'$ doivent donc être rejetées, et celle-ci, unique dans son espèce, doit être prise pour la direction qu'on veut trouver.

Une démonstration analogue s'applique à des élémens $mm'$, $nn'$, allant dans le même sens, parallèles entre eux, et perpendiculaires à la ligne $II'$ qui joint leurs milieux. (Fig. 9.)

En les supposant égaux en grandeurs et en intensités, la direction de leur action mutuelle ne pourra être encore que la droite $II'$ elle-même. On s'en convaincra en observant : 1° *que c'est un fait d'expérience qu'on ne change rien à l'action produite en renversant le sens des deux courans à la fois.* 2° *Que toute direction différente de $II'$ attribuée à l'action conduirait cependant à un résultat contraire.*

Développons un peu cette idée. Imaginons, par exemple, que la force avec laquelle $mm'$ sollicite $nn'$ puisse avoir une composante perpendiculaire au plan de ces

deux élémens. Pour fixer le sens dans lequel elle tire, imaginons un observateur placé en $K$ et regardant le point $O$, en sorte que $nn'$ soit à sa droite, $mm'$ à sa gauche.

Que la composante dont il s'agit tende, si l'on veut, à élever $nn'$ au dessus du plan $Inn'$. On en conclura cette règle : *L'élément qui est à la droite d'un observateur ainsi placé est transporté vers sa tête.* Et, en vertu de l'égalité de l'action à la réaction, *celui qui est à la gauche de l'observateur sera transporté vers ses pieds.*

Je renverse le sens des deux courans à la fois, ce qui ne doit point altérer l'effet produit; et je transporte l'observateur en $K'$ de l'autre côté de $II'$ de manière que, s'il se retourne vers les courans, $nn'$ sera à sa gauche, $mm'$ à sa droite. Conformément aux règles précédentes, il devrait en conclure que $nn'$ *est abaissé vers ses pieds*, $mm'$ *élevé vers sa tête*; et cependant c'est le contraire de ce qui avait lieu tout à l'heure. Il y a donc contradiction entre l'hypothèse d'une composante perpendiculaire au plan des deux élémens, et ce fait d'expérience *qu'on ne change rien à l'action produite en renversant le sens des deux courans à la fois*; et la direction de l'action mutuelle de deux élémens doit se trouver dans le plan qui les contient.

Soit $OA'$ cette direction, et admettons, par exemple, que $nn'$ soit écarté de $mm'$ par une force qui tire de $O$ vers $A'$. En renversant le sens des deux courans, le point $A'$ serait transporté de l'autre côté de $II'$ en $A'_{,}$; et la droite de $OA'$ se changerait en $OA'_{,}$. D'après l'expérience déjà citée, ces deux lignes doivent être iden-

tiques. Donc l'action mutuelle des deux élémens $mm'$, $nn'$ est dirigée suivant $II'$.

Et qu'on ne vienne pas objecter qu'il peut se faire que les diverses actions élémentaires, qui produisent l'action des deux élémens, se réduisent à deux forces qui n'aient pas de résultante unique. Car les considérations précédentes seraient applicables séparément à chacune de ces deux forces. Même dans cette hypothèse, elles seraient donc encore suffisantes.

Les deux démonstrations que nous venons de donner s'appliquent au reste à des élémens de grandeurs quelconques, en décomposant ceux-ci en des assemblages de courans égaux à leur commune mesure ; et à des élémens d'intensités quelconques, en se rappelant qu'un courant, dont l'intensité serait, par exemple, 3, ne ferait que remplacer 3 courans, dont l'intensité serait égale à l'unité. Enfin il n'est pas nécessaire que les deux courans, dans le premier cas, aillent à la rencontre l'un de l'autre ; que dans le second, ils aillent dans le même sens, puisque, en renversant la direction de l'un de ces courans, la force produite change seulement de signe. On doit donc regarder le problème comme complètement résolu dans ces deux circonstances particulières.

Pour traiter le cas général, il est nécessaire de faire voir auparavant *qu'une portion infiniment petite de courant électrique n'exerce aucune action sur une autre portion infiniment petite d'un courant qui passe dans un plan perpendiculaire au milieu de la première.*

Soit, en effet, l'élément $AB$ situé dans le plan $MN$ (fig. 10) ; concevons sur une perpendiculaire $mOn$ à ce plan, et ayant son pied en $O$, deux élémens $mm'$,

$nn'$ allant à la rencontre l'un de l'autre, et de telle sorte que $m'o = on'$, $mm' = nn'$.

On se rappelle que M. Ampère a prouvé, par l'expérience, que deux élémens voltaïques exercent l'un sur l'autre une action alternative s'ils s'approchent ou s'écartent à la fois du pied de la perpendiculaire commune, et une action répulsive, si l'un va en s'en approchant quand l'autre s'en écarte. Or, si les élémens $mm'$ et $AB$ tendent, par exemple, vers le pied de leur commune perpendiculaire, il en sera de même pour les élémens $nn'$ et $AB$. En supposant que les deux courans $mm'$, $nn'$ aient, en outre, la même intensité, il est évident qu'ils exerceront sur $AB$ deux actions égales et de même signe; que si maintenant ils viennent à se mouvoir uniformément sur $mOn$, en allant à la rencontre l'un de l'autre, et qu'après être arrivés en $O$ ils dépassent ce point, les deux actions ne cesseront pas d'être égales et de signes semblables, en sorte qu'il en doit être ainsi au moment de leur passage, lorsque leurs milieux coïncident avec le point $o$; mais alors il est de toute évidence que les deux actions, si elles existaient, seraient égales et de signes contraires. Chacune d'elles en particulier est donc nulle; ce qu'il fallait démontrer.

On pourrait dire simplement que si l'on fait mouvoir l'élément $nn'$ le long de la droite $mOn$, l'action aura un signe différent, selon qu'il se trouvera au-dessus ou au-dessous du point $O$: elle doit donc, au moment du passage, devenir nulle ou infinie; et l'on voit sur-le-champ que la première supposition est seule admissible.

Toutes ces démonstrations étant indépendantes du fait général que nous voulons établir, il nous est permis,

sans tourner dans un cercle vicieux, de nous appuyer sur le lemme précédent dont on déduit ce corollaire utile *que si l'on avait à considérer deux élémens situés dans le même plan, et que l'un d'eux se trouvât sur la perpendiculaire élevée au milieu de l'autre, l'action réciproque de ces deux élémens serait nulle.*

Soient donc maintenant deux élémens quelconques $mm'$, $nn'$. (Fig. 11.)

Par l'un d'eux, $mm'$, par exemple, et la droite $II'$, qui les joint, je fais passer un plan sur lequel je projette en $pp'$ l'élément $nn'$, et je substitue à cet élément le contour polygonal $npp'n'$ terminé aux mêmes extrémités. Les deux portions égales $np$, $n'p'$ peuvent être censées agir en $I'$, suivant la même droite perpendiculaire au plan $mII'$; et par le lemme précédent leur action sur $mm'$ est nulle. Il ne reste donc à considérer que les deux élémens $mm'$, $pp'$ situés dans un même plan. (Fig. 12.)

Des points $m$, $m'$, $p$, $p'$ j'abaisse sur $II'$ quatre nouvelles perpendiculaires, de manière à substituer aux deux élémens les contours polygonaux $mkk'm'$, $pss'p'$. Il y a quatre actions à considérer.

Or, 1° les portions $mk$, $m'k'$ sont sans action par le lemme ci-dessus démontré, sur la portion $ss'$ qui leur est perpendiculaire; 2° il en est de même des courans $ps$, $p's'$ relativement à $kk'$; 3° les élémens $ss'$, $kk'$ dirigés suivant la même droite, ont une action dirigée aussi suivant cette droite; 4° enfin $mk$, $m'k'$ exercent sur $ps$, $p's'$ une action dirigée suivant $II'$, puisque les deux premiers élémens d'un côté, les deux derniers de l'autre peuvent être censés agir en $I$, $I'$ suivant la même droite; et que dès-lors on rentre dans le cas de deux

ıarallèles entre eux et à angle droit sur la ligne
nt.

enfin, dans tous les cas, *l'action mutuelle de*
*nens voltaïques est dirigée suivant la droite*
*leurs milieux.*

ısentiel d'observer que cette démonstration est
nt indispensable. En effet, du principe de l'éga-
réaction, il résulte bien que la force avec la-
premier élément sollicite le second, et celle
elle le second sollicite le premier, sont deux
les et directement opposées; mais leur com-
ection n'en est pas pour cela plus connue. Ce
venons de dire est si vrai, que l'action d'une
aimantée sur un élément de courant ne se pro-
uivant la droite qui unit ces deux corps.

l cas se présente où la question serait immé-
décidée. C'est celui où l'on saurait que la
tro-dynamique est une force élémentaire, mais
démontrer un pareil fait? D'ailleurs, est-il bien
qu'il soit exact? N'est-il pas naturel d'admettre
rce élémentaire doit être fonction de la simple
Telle est au moins l'opinion de plusieurs phy-
t M. Ampère lui-même a cherché à faire voir
, dans l'hypothèse des deux fluides électriques,
it espérer de ramener la force électro-dynami-
els élémens.

EXTRAIT *d'une Lettre de M.* Berzelius *à M.* Dulong, *concernant la découverte d'une nouvelle terre.*

« JE viens de découvrir une nouvelle terre qui possède presque toutes les propriétés de celle qui portait le nom de *thorine*, et qu'on a reconnue n'être qu'un phosphate d'yttria. C'est à cause de cette grande analogie que j'ai conservé le nom de *thorine* à cette nouvelle substance. Cette terre est blanche, irréductible par le charbon et le potassium. Après avoir été fortement calcinée, elle n'est plus attaquée par les acides excepté par l'acide sulfurique concentré, même après avoir été traitée par les alcalis caustiques.

« Le sulfate de thorine est très-soluble dans l'eau froide et presque insoluble dans l'eau bouillante, de sorte qu'on peut le débarrasser de plusieurs autres sels en lavant le mélange à l'eau bouillante. La thorine se dissout très-bien dans le carbonate d'ammoniaque. L'élévation de température détermine la précipitation d'une partie de la terre; mais, par le refroidissement, le précipité disparaît. Tous les sels de thorine ont une saveur astringente très-pure, presque comme celle du tannin. Le chlorure de thorium, traité par le potassium, se décompose avec une triple déflagration. Il en résulte une poudre métallique grise qui ne décompose plus l'eau, mais qui, au-dessus de la température rouge, brûle avec un éclat qui égale presque celui du phosphore dans l'oxigène. Cependant le thorium est faiblement attaqué par les acides nitrique et sulfurique. L'acide hydrochlorique, au contraire, le dissout avec une vive efferves-

rence. La thorine, ou oxide de thorium, contient 11,8 d'oxigène ; son poids spécifique est de 9,4.

« Le thorium existe dans un nouveau minéral qui a été trouvé en fort petite quantité, à Brévig en Norwège. »

---

EXTRAIT *d'une Lettre de M.* Kupffer *à M.* Arago, *concernant la composition de l'atmosphère à Kazan.*

« Les observations que j'ai entreprises ici sur la composition de l'atmosphère pourront servir de complément à celles qui déjà ont été faites dans tant de lieux différens, et dont il résulte que, malgré la diversité des climats et de la culture, la proportion des deux principes constituans de l'air est la même partout. Dans l'Europe civilisée, on pouvait prévoir que la différence la plus légère à cet égard serait bientôt anéantie par les mélanges que des portions d'air, qui ne sont éloignées les unes des autres que de quelques centaines de lieues, doivent éprouver par l'effet des vents ; mais Kazan, qui est entouré, d'un côté, d'un pays peu cultivé, de l'autre, des steppes et des forêts immenses de la Sibérie, où la végétation est sans vie la plus grande partie de l'année, pourrait avoir une atmosphère un peu différente de celle du reste de l'Europe. Je me suis servi de l'eudiomètre de Volta ; 198 parties d'air atmosphérique, mêlées avec 99 parties de gaz hydrogène, m'ont donné constamment 171 à 172 parties, après la détonnation ; ce qui donne 21,0 à 21,2 d'oxigène sur 100 par-

ties d'air atmosphérique. J'ai mis le plus grand soin à travailler toujours à la même température et à la même pression, de sorte qu'il n'y avait pas de correction à faire à cet égard. Les gaz étaient saturés d'humidité ; car je travaillais sur de l'eau. »

---

## Extrait *d'un Mémoire sur les causes de la diffraction.*

Par M. Haldat.

(L'extrait a été rédigé par l'auteur lui-même.)

Les phénomènes de la diffraction, dont l'examen a fourni, dans ces derniers temps, des argumens si puissans contre l'hypothèse de Newton, et ramené les physiciens vers l'opinion de Descartes, ont semblé à M. Haldat n'avoir pas été suffisamment discutés par rapport aux circonstances qui peuvent les modifier et en éclairer la cause. C'est sous ce point de vue qu'il a tenté un grand nombre d'expériences dans lesquelles les corps qui produisent la diffraction, et qu'il nomme *diffringens*, ont été soumis à l'action des agens les plus propres à les modifier ; et comme la force attractive est la propriété de laquelle les Newtoniens ont fait dépendre la diffraction, il a mis en jeu dans ses essais tous les agens les plus capables de l'altérer. Après s'être assuré que, comme l'avaient annoncé plusieurs expérimentateurs, ce phénomène n'était modifié ni par la densité, ni par la nature chimique des corps, il a tourné

[redacted]



ses vues vers les plus grands pouvoirs de la nature : le calorique, l'électricité, le magnétisme, les courans électro-chimiques, enfin l'affinité si puissante pour modifier la force attractive, ont été successivement et par fois même concurremment employés à modifier l'état des corps, pendant qu'ils exerçaient sur les rayons lumineux l'influence par laquelle est produite la diffraction, sans que les phénomènes qui la caractérisent aient éprouvé aucune altération sensible. Ainsi des fils métalliques, des lames diffringentes de fer, de cuivre, d'argent, ont été chauffés jusqu'au rouge-blanc et refroidis jusqu'à — 10°, sans que les bandes colorées, produites par leur action sur les rayons lumineux, aient présenté de différence appréciable avec celles que produisent les mêmes corps à la température moyenne de l'atmosphère.

Des fils de lames diffringentes ont été parcourus par des courans de l'électricité ordinaire, par de violentes décharges de batteries puissantes, par des courans électro-chimiques assez énergiques pour les rougir et les fondre. On a employé des courans mus dans la même direction ou dans des directions opposées ; on a reçu le trait de lumière sur les biseaux de lames diffringentes dont on avait armé un aimant très-puissant, sans que les phénomènes aient éprouvé aucune altération appréciable. Les traits de lumière ont même été, avant leur arrivée sur les lames ou les fils diffringens, traversés par des traits de flamme très-vifs, par des courans ou des décharges électriques puissantes, sans qu'aucun changement se soit manifesté dans les franges et autres phénomènes de la diffraction. Les bandes

obscures, dans l'ombre des fils déliés, sont demeurées de même invariables pour leur intensité ou leur dimension.

D'après ces expériences, M. Haldat pense que l'explication de la diffraction, fondée sur l'influence de la force attractive ou sur l'existence de certaines atmosphères autrefois attribuées aux corps, ne peut obtenir l'assentiment des savans lorsque cette force attractive et les atmosphères, soumises à l'action des agens si propres à les altérer, n'ont produit aucun changement dans les phénomènes. Ces faits sans doute n'établissent pas directement le système des ondulations, mais ils y conduisent en ruinant la seule explication qui pouvait lui être opposée. L'auteur, au reste, ne se dissimule pas les difficultés qui naissent aussi de ces expériences relativement à la théorie des ondulations, et il se demande comment les mouvemens des ondes lumineuses, qui doivent être si régulières, ne sont pas troublés par des écoulemens de fluides subtils qui les choquent dans leur marche. Il remet la solution de ces questions à l'époque où la science aura pénétré la nature intime de ces agens, qui ne nous sont connus que par leurs effets.

---

## Notice *sur l'oxisulfure de zinc qui se forme dans les usines de Freyberg.*

Par M. Charles Kersten de Freyberg.

On traite, dans les demi-hauts fourneaux des environs de Freyberg, dans l'opération dite fonte crue ou de

concentration (Roharbeit), plusieurs sulfures, et principalement le sulfure de fer et le sulfure de zinc, avec leurs gangues, pour en extraire l'argent. Dans ces opérations, il se dépose, contre les parois du fourneau aux environs de la tuyère, des crasses dites *ofenbrüche*, dont la couleur est presque toujours jaune-blanchâtre ou d'un brun plus ou moins foncé. Les crasses jaunes ont un éclat adamantin, sont cassantes et ont la texture lamelleuse. Quelquefois elles se présentent sous la forme de prismes hexagonaux, transparens, creux et longs de 6 à 8 lignes, et se trouvent au milieu de géodes plus ou moins profondes.

M'étant procuré des cristaux bien beaux et bien isolés, j'en ai fait l'analyse avec le plus grand soin, et j'ai trouvé qu'ils étaient formés de

4 atomes sulfure de zinc ;
1 atome oxide de zinc.

J'ai aussi analysé d'autres produits trouvés dans les mêmes circonstances, mais dont la cristallisation était imparfaite et confuse. J'y ai trouvé les mêmes élémens, mais dans des rapports variables et non définis.

La quantité d'oxide de zinc qu'ils contiennent varie de 0,005 à 0,03. Les crasses dont la couleur est brune ou noire renferment du sulfure de fer en grande quantité, et quelquefois des traces de sulfures d'antimoine, de plomb et d'argent. J'ai appliqué plusieurs modes d'analyse à la recherche de la composition de ces produits, mais je me suis aperçu qu'au moyen des acides seuls il était trop difficile de déterminer exactement la quantité de soufre, et j'ai eu recours, d'une part, au

nitrate de potasse, et de l'autre à l'hydrogène. M. Gay-Lussac a bien voulu me laisser faire ces dernières expériences dans son laboratoire.

Quand on fait passer du gaz hydrogène sec à travers un tube de verre chauffé au rouge, et dans lequel on a mis l'oxisulfure de zinc, on le voit se décomposer avec une grande facilité; bientôt il se forme de la vapeur d'eau qui se dépose contre les parois froides de l'extrémité du tube. On a facilement le poids de cette eau en lui faisant traverser un tube de verre rempli de chlorure de calcium. Il ne se dégage de l'hydrogène sulfuré que bien long-temps après que l'eau a cessé de se produire. On trouve dans le tube de verre le zinc réduit à l'état métallique. L'acide acétique concentré, qui a bouilli pendant long-temps sur l'oxisulfure de zinc, ne dissout pas l'oxide de zinc; ce qui prouve la combinaison du sulfure métallique avec l'oxide.

---

## Sur *la composition des sels qu'on retire de quelques salines, aux environs d'Irkoutzk, et de l'eau de la mer d'Okhotsk.*

(Extrait d'un Mémoire de M. le docteur Hess, membre-adjoint de l'Académie des Sciences à Saint-Pétersbourg, lu à la séance du 6/18 mai 1829.)

Le but du Mémoire présenté à l'Académie de Saint-Pétersbourg, par M. le docteur Hess, est de répondre à quelques questions qui ont rapport aux qualités des sels du gouvernement d'Irkoutsk, et qui lui ont été adres-

ées en 1826, par son Excellence M. le Conseiller d'Etat actuel et Chevalier de Zeidler, Gouverneur civil de cette contrée. Il s'agissait de savoir si les déficits considérables de sel qui se manifestaient souvent dans les magasins, devaient être imputés à l'infidélité des officiers à qui ces magasins étaient confiés, ou à la qualité du sel. Les analyses qu'il a faites de tous les sels connus de ce gouvernement, prouvent qu'ils contenaient tous une grande quantité de substances hétérogènes au sel culinaire, qui montait quelqufois jusqu'à un quart, et qu'une grande partie de ces substances hétérogènes étaient des sels déliquescens.

Voici le résultat de ces analyses:

Le sel du magasin d'Okhotsk (1), pris en 1827, comme produit d'une évaporation de deux jours, contenait, sur mille parties :

| | | |
|---|---|---|
| Sulfate de soude.......... | 136,0 | sels hétérogènes. 224. |
| Hydrochlorate d'alumine... | 62,0 | |
| Hydrochlorate de chaux.... | 9,4 | |
| Hydrochlorate de magnésie. | 16,6 | |
| Sel (hydrochlorate de soude.) | 776,0 | |
| | 1,000,0. | |

ce qui indique que ce sel contient près d'un quart de substances hétérogènes.

Le sel d'Okhotsk, résultant d'une évaporation de deux jours, pour servir d'épreuve, contenait:

(1) C'est l'eau de la mer d'Okhotsk qui fournit ce sel, après avoir été réduite par la gelée.

| | | |
|---|---|---|
| Sulfate de soude............ | 75,5 | 139,8. |
| Hydrochlorate de magnésie... | 19,5 | |
| Hydrochlorate d'alumine..... | 36,0 | |
| Hydrochlorate de chaux...... | 8,8 | |
| Sel......................... | 860,2 | |
| | 1,000,0. | |

Ce sel contient donc environ la huitième partie de substances hétérogènes.

Le sel d'Ochotsk, provenant d'une évaporation prolongée pendant trois jours, pour servir d'épreuve, contenait:

| | | |
|---|---|---|
| Sulfate de soude............ | 116,4 | 209,1. |
| Hydrochlorate d'alumine..... | 77,8 | |
| Hydrochlorate de chaux...... | 6,6 | |
| Hydrochlorate de magnésie... | 8,3 | |
| Sel......................... | 790,9 | |
| | 1,000,0. | |

Ce qui fait un cinquième pour les sels hétérogènes.

*Du Sel produit par les salines d'Oustkout, sur la rive gauche du Léna.*

Après avoir évaporé une petite quantité d'eau douce des sources principales d'eau salée d'Oustkout, le docteur Hess a analysé le sel qu'il avait obtenu, et qui devait donc contenir toute la quantité des sels hétérogènes au sel culinaire, qui se trouvent en dissolution dans cette eau. Il consistait en :

| | | |
|---|---|---|
| Hydrochlorate d'alumine.... | 11,69 | 236,59. |
| Hydrochlorate de chaux..... | 38,45 | |
| Hydrochlorate de magnésie.. | 35,71 | |
| Sulfate de soude........... | 125,74 | |
| Sulfate de chaux........... | 25,00 | |
| Sel........................ | 763,41 | |
| | 1,000,00. | |

Mais, en supposant que le gypse ne se forme en grande partie que pendant l'évaporation, que la solution ne contienne donc la chaux que comme chlorure, et l'acide sulfurique en combinaison avec l'oxide de sodium, il en résulte, pour ce sel, la composition suivante :

| | | |
|---|---|---|
| Sel........................ | 748,41 | |
| Hydrochlorate d'alumine.... | 11,69 | 251,52. |
| Hydrochlorate de chaux..... | 52,15 | |
| Hydrochlorate de magnésie.. | 35,71 | |
| Sulfate de soude........... | 152,00 | |
| | 1,000,00. | |

M. Hess a choisi ensuite le meilleur sel qu'on retire de ces salines ; et voulant savoir la quantité d'humidité qu'il pouvait encore contenir, après avoir passé plusieurs semaines dans l'air de la chambre, il l'a analysé sans le sécher préalablement. 1000 parties contenaient :

| | | |
|---|---|---|
| Eau........................ | 87,0 | 147,7. |
| Hydrochlorate d'alumine..... | 4,7 | |
| Hydrochloràte de chaux...... | 11,0 | |
| Hydrochlorate de magnésie... | 23,8 | |
| Sulfate de soude............ | 21,2 | |
| Sel......................... | 849,3 | |
| | 1,000,0. | |

Mille parties de ce sel bien sec contiennent :

| | | |
|---|---|---|
| Hydrochlorate d'alumine..... | 8,4 | 69,6. |
| Hydrochlorate de chaux...... | 12,0 | |
| Hydrochlorate de magnésie... | 26,0 | |
| Sulfate de soude............ | 23,2 | |
| Sel......................... | 930,4 | |
| | 1,000,0. | |

*Du sel produit par les salines d'Irkoutsk qui se trouvent au bord de l'Angara.*

Le docteur Hess a choisi; pour faire cette analyse, le meilleur sel qu'on ait retiré de cette saline pendant l'année 1826. Il consistait en :

| | | |
|---|---|---|
| Hydrochlorate d'alumine..... | 26,0 | 85,1. |
| Hydrochlorate de chaux...... | 11,0 | |
| Hydrochlorate de magnésie... | 20,5 | |
| Sulfate de soude............ | 27,6 | |
| Sel......................... | 914,9 | |
| | 1,000,0. | |

*Du sel produit par les salines de Selenginsk.*

Mille parties de ce sel contiennent:

| | | |
|---|---|---|
| Hydrochlorate d'alumine..... | 65,0 | 252,9. |
| Hydrochlorate de chaux..... | 14,4 | |
| Hydrochlorate de magnésie... | 35,5 | |
| Sulfate de soude............ | 138,0 | |
| Sel......................... | 747,1 | |
| | 1,000,0. | |

L'analyse du sel d'Okhotsk a mené M. Hess à la découverte du chlorure d'aluminium dans l'eau de la mer d'Okhotsk, tandis que cette substance n'a encore été trouvée dans aucune des eaux des autres mers. De toutes ces analyses, l'auteur a conclu que la quantité de la perte des sels, dans les magasins, par cause de déliquescence, devait égaler la quantité des substances déliquescentes qui se trouvèrent dans le sel, et des exemples en grand ont pleinement confirmé ses conclusions, et prouvent,

plus, que la perte réelle égalaït la perte supposée au
ıt d'une année, et qu'elle la surpassait au bout de
x ans. Par exemple, la perte par déliquescence,
ır les salines d'Irkoutsk fut évaluée à 52 poudes (1)
mille, tandis qu'on n'en admettait ordinairement que
, et une expérience qui ne peut être sujette à aucun
pçon, a prouvé que dans les magasins des salines
·koutsk, la perte comporta, depuis l'année 1824 jus-
en 1826, dans l'espace de deux ans, sur 36,415 pou-
, 2,648, ce qui fait 72 $\frac{1}{2}$ poudes sur mille; et depuis
ı5 jusqu'en 1826, on a trouvé, sur 25,424 $\frac{1}{2}$ poudes,
perte de 1,422 $\frac{1}{2}$ poudes; ce qui fait 56 poudes sur
lle.

Outre ce qui vient d'être rapporté, l'auteur a tâché
vérifier les résultats de l'analyse par la synthèse; il a
ıc ajouté à du sel pur les substances hétérogènes dé-
ıvertes par l'analyse, et la déliquescence de ces com-
ıés, a égalé celle qu'il avait observée pour les sels
avaient servi à ses analyses.

Outre cela, il a calculé que la quantité de substances
isibles à la santé que contenaient ces sels était si grande,
e chaque individu en consommait 18 grains par jour.
met au nombre de ces substances les chlorures de
ıux, de magnésie et d'alumine : il croit pouvoir en
ıclure qu'une grande partie des maladies scorbuti-
es qui règnent dans cette contrée, ont pour cause cette
ıstitution des sels, d'autant plus que les Mongols,
i n'en font point usage, sont exempts de ces maladies.

---

(1) Un poude fait 40 livres de Russie.

Il propose ensuite plusieurs moyens, déjà usités, pour améliorer ces sels, et un moyen inconnu jusqu'à présent, qui est une décomposition chimique. Il termine enfin ce Mémoire par un point qui ne mérite pas moins d'attention que les précédens; c'est le moyen de se servir d'un aréomètre d'une construction particulière pour déterminer le degré de pureté des sels, vu que le gouvernement n'a possédé jusqu'à présent aucun critère pratique, excepté les qualités extérieures, qui précisément, dans ce cas, ne suffisent point.

(Extrait communiqué par M. Kupffer.)

---

## NOTE *sur une substance cristalline recueillie dans une huile essentielle de citron, qui était restée long-temps exposée au contact de l'air.*

PAR M. BOISSENOT.

DE l'huile essentielle de citron, d'une odeur franche, d'une saveur suave, et présentant tous les caractères d'une huile essentielle pure, a été abandonnée au contact de l'air pendant l'espace de deux années, à la température uniforme et moyenne d'une cave. Elle était placée dans un flacon bouché seulement d'un liége, qu'on avait soin d'enlever de temps à autre pour renouveler l'air.

Au bout d'un an environ, on remarquait à la partie inférieure du bouchon une réunion de petits cristaux transparens; mais leur quantité était tellement faible, qu'il me fut impossible de les recueillir.

Au bout d'une seconde année d'exposition à l'air, l'huile essentielle de citron était devenue très-épaisse;

son odeur n'était plus la même, et sa saveur, d'abord suave, était devenue âcre et piquante : une partie fut soumise à la distillation. Pendant toute la durée de l'opération, et surtout vers la fin, il se produisit un liquide aqueux, acide, à la surface duquel venait se rassembler une huile essentielle également acide et de couleur ambrée. Il resta dans la cornue une espèce de matière résineuse.

Le liquide aqueux, saturé par la potasse, fournit, par l'évaporation, un sel déliquescent, doué de toutes les propriétés qui caractérisent l'acétate de potasse, et dont l'acide sulfurique dégageait des vapeurs faciles à reconnaître pour des vapeurs d'acide acétique, quoique son odeur fût accompagnée d'une odeur particulière : en même temps, le liquide prenait une teinte rougeâtre, ainsi que cela avait eu lieu avec le produit de la distillation d'huile essentielle de térébenthine. Exposé à une température de 7 à 8° au-dessus de zéro, ce liquide aqueux laissa déposer, au bout de quelques jours, des cristaux qui furent séparés par décantation. Ces cristaux, semblables en apparence à ceux qu'on avait primitivement observés à la base du bouchon, étaient parfaitement incolores, transparens, brillans, et m'ont paru présenter la forme de prismes. Leur odeur était faible, mais leur saveur était âcre et piquante.

Soumis à l'action de la chaleur, ils se sont fondus entre 43° et 45°, et se sont volatilisés à une températnre supérieure à celle de l'eau bouillante; en disposant l'opération de manière à recueillir les vapeurs, elles venaient se condenser dans le récipient sous forme de gouttelettes,

et, par un entier refroidissement, se prenaient en masse cristalline composée de cristaux aiguillés.

Projetés sur des charbons ardens, ils se sont volatilisés sans s'enflammer. Projetés dans un creuset rouge que l'on recouvrait d'une cloche, ils se sont décomposés en partie, et la portion non décomposée est venue s'attacher aux parois de la cloche.

L'eau froide ne paraît pas les dissoudre; l'eau bouillante, au contraire, les dissout en si grande proportion, que la solution se prend en masse par le refroidissement.

L'alcool, l'éther, même à froid, les dissolvent aussi avec facilité; et ces dissolutions alcooliques et éthérées, de même que la dissolution aqueuse ne manifestent aucun signe d'alcalinité ou d'acidité avec les réactifs colorés.

Mis en contact avec l'acide nitrique concentré, ces mêmes cristaux se dissolvent à la température ordinaire, sans paraître éprouver d'altération. En élevant la température, ils se décomposent en produisant d'abondantes vapeurs rutilantes, sans toutefois qu'il se forme d'acide oxalique.

L'acide hydrochlorique en opère également la dissolution à froid, avec cela de singulier, que la dissolution se trouble par l'action d'une chaleur inférieure à celle de l'eau bouillante, pour devenir transparente en se refroidissant.

L'acide acétique dissout facilement aussi ces cristaux, tandis que les dissolutions de potasse et de soude, d'ammoniaque, ne paraissent les dissoudre qu'à raison de l'eau qu'elles contiennent.

L'huile essentielle de citron pure n'a pas d'action sur eux; ce qui prouve qu'ils se forment en même temps

l'acide acétique dans celles de ces huiles qu'on
lonne au contact de l'air, et qu'ils ne peuvent
r dissous qu'à la faveur de cet acide acétique qui
ccompagne.

portion d'huile volatile acide provenant de la dis-
ion a été soumise à des lavages répétés, dans le but
ever l'acide; mais on n'a pu le séparer complè-
nt, et l'on a été obligé, pour y parvenir, de la
er d'abord par l'alcool, puis de précipiter par l'eau
ssolution aqueuse. La portion d'huile, privée d'acide,
d'un jaune d'ambre, d'une odeur aromatique, d'une
ur âcre et piquante. Les eaux de lavage ayant été
ies et évaporées à la température de 36 à 40°, elles
ourni des cristaux semblables à ceux que l'on a pré-
mment décrits.

our reconnaître si cette matière cristalline était bien
sultat de l'action de l'air, et non pas celui de la
eur sur l'huile volatile de citron, j'ai exposé de
veau à l'action de l'air de l'huile volatile de la dis-
tion parfaitement privée d'acide. Au bout de trois
s, elle est devenue épaisse, acide; et, après avoir été
ée par l'alcool et l'eau, comme il est dit ci-dessus,
a fourni des cristaux semblables à ceux que nous
ons d'examiner.

'essence de cédrat, l'essence de bergamotte, placées
s les mêmes circonstances que l'huile essentielle de
on, donnent naissance à des matières cristallines,
t les propriétés sont semblables. Plusieurs autres
les m'ont également fourni des matières analogues,
is diversement fusibles et solubles; de sorte que je
is pouvoir annoncer que la plupart des huiles vola-

tiles sont dans le même cas, c'est-à-dire, produisent, par suite de l'exposition au contact de l'air, de l'acide acétique et des matières cristallines analogues, quoique leur fusibilité et leur solubilité différentes ne permettent pas de considérer ces matières comme étant parfaitement identiques.

(*Journ. de Pharm.*, tom. xv, pag. 324.)

---

## Note *sur quelques expériences concernant la torpille.*

Par Sir Humphry Davy.

(Extrait des *Transactions philosophiques*, pour 1829.)

Parmi les recherches variées, auxquelles les différens modes de production et d'action de l'électricité ont été soumis, je trouve surprenant que l'électricité des animaux vivans n'ait pas fixé davantage l'attention, tant à cause de son importance pour la physiologie, qu'à raison de ses rapports généraux avec la science électro-chimique.

En lisant le récit des expériences de Walsh, il est impossible de n'être pas frappé de quelques particularités qu'offre l'électricité développée par les organes de la torpille et du gymnote; telles que son impuissance à se décharger à travers l'air, et la faiblesse des effets d'ignition produits par les chocs les plus violens. Et quoique M. Cavendish, avec sa sagacité ordinaire, ait comparé cette action à celle d'une batterie faiblement chargée, contenant une grande abondance de fluide à

une tension très-basse ; cependant les circonstances que je viens de rappeler ne sont pas entièrement en harmonie avec cette explication.

Lorsque Volta eut découvert son admirable pile, il s'imagina avoir construit un appareil parfaitement semblable à l'organe du gymnote et de la torpille : et quiconque a ressenti les commotions produites par l'électromoteur naturel et par l'électromoteur artificiel doit être convaincu de leur stricte analogie, du moins en ce qui concerne la sensation excitée. Après la découverte du pouvoir chimique de l'appareil de Volta, je fus désireux de m'assurer si cette propriété de l'instrument appartenait aussi à l'organe des animaux vivans, et me trouvant, en 1814 et 1815, sur les côtes de la Méditerranée, je profitai des facilités qui s'offraient à moi pour ce genre de recherches. M'étant procuré dans la baie de Naples, en mai 1815, deux petites torpilles vivantes, je fis passer les décharges à travers un fil d'argent, dont les extrémités plongeaient dans de l'eau, sans pouvoir découvrir les moindres traces de décomposition du liquide. Je répétai cette expérience à Mola di Gaëta avec un circuit dans lequel le fil d'argent ne touchait le liquide que par la moindre surface possible, et où ce liquide, complétant le circuit, était un bon conducteur, tel que les solutions de potasse, l'acide sulfurique. Cette fois, le résultat fut aussi complètement négatif que la première.

M'étant procuré une plus grande torpille à Rimini, en juin de la même année, je répétai encore ces expériences, en y apportant toutes les précautions imaginables, et avec un résultat tout pareil. En même temps

je fis passer la décharge à travers un circuit très-court, complété, dans l'étendue d'un quart de pouce, par un fil d'argent extrêmement fin, tiré par feu M. Cavendish pour servir à un micromètre, et qui avait moins de $\frac{1}{1000}$me de pouce de diamètre. Aucune ignition ne se manifesta. D'après ces expériences, il me parut que la comparaison de l'organe de la torpille avec une batterie faiblement chargée et dont les surfaces électrisées seraient de mauvais conducteurs, tels que l'eau, était plus exacte que son assimilation à la pile. Mais quand je fis part de mes recherches à Volta, avec qui je passai, cet été, quelque temps à Milan, il me montra une forme de cet appareil, qui lui paraissait remplir toutes les conditions de l'organe de la torpille : c'était une pile dont le liquide était très-mauvais conducteur, comme le miel ou un sirop de sucre concentré, qui demandait un certain temps pour se charger et ne décomposait pas l'eau, quoique, une fois chargée, elle donnât de faibles commotions.

L'action de l'électricité voltaïque sur l'aiguille aimantée, découverte par OErsted, me fit désirer d'essayer si l'électricité des animaux vivans possédait le même pouvoir. Après avoir plusieurs fois essayé vainement de me procurer des torpilles suffisamment fortes et vigoureuses pour donner de vives commotions, je dus, en octobre de cette année, à l'assistance de Mr G. During, consul d'Angleterre à Trieste, d'en obtenir deux récemment prises et bien vivantes, l'une longue d'un pied, l'autre plus petite. Je fis passer les décharges de la plus grande bien des fois à travers le circuit d'un multiplicateur extrêmement sensible, de la même es-

mais plus délicat que celui dont j'ai donné la
)tion dans mon dernier Mémoire sur les phéno-
électro-chimiques, que la Société royale m'a fait
eûr d'insérer dans ses *Transactions*, pour 1826.
)erçus pas la moindre déviation, le moindre effet
iguille aimantée. Je m'assurai cependant que la
unication était bien établie, en me plaçant moi-
plusieurs fois dans le circuit. Pour cela, je pre-
'une main trempée dans de l'eau salée la spatule
nt avec laquelle on excitait la décharge, et, de
: main également humide, le fil lié au multipli-
. Les décharges, qui passaient ainsi à travers ses
, étaient assez fortes pour être ressenties dans les
s, quelquefois même dans les épaules.

peut expliquer les résultats négatifs, en supposant
: mouvement de l'électricité dans l'organe de la
le, se fait dans un temps inappréciable, et qu'il
n courant continu de quelque durée pour faire dé-
'aiguille aimantée. Je trouvai, en effet, que le
plicateur était également insensible à une faible
rge d'une bouteille de Leyde (1); tandis qu'il était
ıtanément et fortement influencé par un courant
ıu provenant des plus petites surfaces et des cou-
es moins énergiques, pourvu qu'il y eût quelque
ı chimique développée. Deux élémens zinc, ar-
:t papier imprégné d'eau et de sel, faisaient dévier

---

On sait que M. Colladon a obtenu des déviations fort
:s en isolant parfaitement les spires d'un multiplicateur
:nsible, et soutirant par une pointe la charge d'une
ie. (*Note du Traducteur.*)

l'aiguille de plusieurs degrés, quoique les plaques de zinc n'eussent que $\frac{1}{6}$me de pouce de diamètre. (1)

Il serait désirable que ces recherches fussent poursuivies avec le gymnote, dont le pouvoir électrique est bien plus énergique que celui de la torpille ; mais si l'on peut déjà en tirer quelqu'induction, elles semblent montrer une plus grande analogie entre l'électricité ordinaire et l'électricité animale qu'entre celle-ci et l'électricité voltaïque. Cependant je regarde comme plus probable que l'on trouvera que l'électricité animale est une espèce d'électricité particulière et distincte.

L'électricité ordinaire est excitée sur les corps non conducteurs et facilement transmise par les substances parfaitement ou imparfaitement conductrices. L'électricité voltaïque est développée par des combinaisons de conducteurs parfaits et imparfaits ; elle n'est transmise que par les conducteurs parfaits ou ceux qui en approchent le plus.

Le magnétisme, s'il est une forme de l'électricité, appartient seulement aux conducteurs parfaits, et dans ses modifications, à une classe particulière de ces derniers corps.

L'électricité animale réside seulement dans les conducteurs imparfaits qui forment les organes des animaux vivans, et son objet, dans l'économie de la nature, est d'agir sur les animaux vivans.

On peut établir des distinctions en poursuivant l'examen des propriétés de l'électricité dans ces différentes classes de phénomènes ; mais il est presqu'impossible

---

(1) Quand on assimile les secousses produites par les poissons électriques aux décharges d'une bouteille de Leyde, on doit s'attendre à ne pas obtenir, en les transmettant par un multiplicateur ordinaire, de déviations de l'aiguille aimantée. Mais il est probable que l'on réussirait, soit à altérer l'aimantation de cette aiguille, soit à aimanter une aiguille d'acier qui n'aurait pas d'aimantation préalable, comme M. Arago l'a fait avec une bouteille de Leyde. C'est ce qu'il s'était proposé d'essayer, il y a plusieurs années, lorsqu'un gymnote vivant fut apporté à Paris. Il ne put donner suite à ce projet d'expérience, parce que l'animal périt bientôt après par un accident. (*Note du Traducteur.*)

e ne pas être frappé d'une autre considération qu'offre e sujet. L'organe de la torpille dépend, quant à son ction, de la volonté de l'animal. John Hunter a fait oir avec quelle abondance il est muni de nerfs. En xaminant la structure en filets de l'organe, je n'ai jamais u parvenir à découvrir des arrangemens de conducteurs ivers, semblables à ceux des piles galvaniques, et il e paraît pas improbable que la communication dépende e quelque propriété développée par l'action des nerfs.

Essayer de raisonner sur un phénomène de cette na- ıre, en le supposant dû à un fluide spécifique, serait eine perdue.

Si peu que nous connaissions la nature des actions lectriques, nous sommes encore bien plus ignorans uant à la nature des fonctions des nerfs. Il semble ›utefois qu'il y ait un rayon de lumière à suivre dans s particularités qu'offre l'électricité animale, sa con- exion avec un système nerveux aussi développé, sa dé- endance de la volonté de l'animal, et l'instantanéité e sa transmission. Ces indices, suivis par un expéri- ıentateur capable de les étudier, peuvent conduire à es résultats importans pour la physiologie.

Le mauvais état de ma santé pourra, je le crains, ı'empêcher de poursuivre ce sujet avec l'attention dont l semble digne, et je communique ces essais impar- aits à la Société royale, dans l'espérance qu'ils pour- ont mener à des recherches plus étendues et plus pprofondies.

24 octobre 1828. Lubiana, Illyrie.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE | | ÉTAT DU CIEL | VENTS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | à midi. | à midi. |
| 1 | 761,34 | +17,0 | 67 | 761,50 | +19,2 | 53 | 761,45 | +20,5 | 47 | 763,04 | +14,0 | 66 | +20,5 | +11,7 | Nuageux. | N. O. |
| 2 | 764,25 | +19,1 | 62 | 764,14 | +19,8 | 53 | 764,07 | +20,5 | 50 | 763,60 | +15,2 | 73 | +20,9 | + 9,0 | Voilé. | O |
| 3 | 762,50 | +22,2 | 58 | 761,22 | +23,7 | 49 | 760,04 | +23,7 | 49 | 757,52 | +18,0 | 65 | +23,7 | +10,5 | Quelques éclaircies. | S. |
| 4 | 755,40 | +17,8 | 78 | 755,12 | +19,8 | 62 | 754,74 | +20,0 | 58 | 751,40 | +14,8 | 65 | +20,5 | +14,4 | Grands nuages. | O. assez fort. |
| 5 | 753,78 | +16,7 | 71 | 754,64 | +17,7 | 72 | 755,60 | +17,6 | 70 | 757,85 | +14,5 | 78 | +17,7 | +13,2 | Couvert. | O fort |
| 6 | 759,70 | +15,3 | 82 | 759,50 | +19,5 | 71 | 759,06 | +20,3 | 69 | 759,25 | +16,5 | 73 | +20,3 | +12,0 | Couvert. | O. |
| 7 | 760,40 | +19,2 | 74 | 760,90 | +20,5 | 72 | 760,55 | +22,5 | 68 | 760,64 | +18,7 | 72 | +23,0 | +15,2 | Couvert. | S. S. E |
| 8 | 762,00 | +23,0 | 69 | 761,85 | +22,0 | 67 | 761,10 | +23,8 | 63 | 761,85 | +20,5 | 70 | +24,5 | +17,0 | Couvert. | O. N. O. |
| 9 | 760,67 | +21,0 | 71 | 760,13 | +24,5 | 62 | 758,80 | +25,6 | 60 | 758,15 | +18,5 | 77 | +25,6 | +15,7 | Eclaircies. | O |
| 10 | 756,30 | +23,8 | 63 | 755,60 | +26,3 | 60 | 754,95 | +25,5 | 60 | 756,00 | +18,0 | 82 | +26,5 | +14,0 | Nuageux. | S. O. |
| 11 | 759,54 | +17,7 | 77 | 759,70 | +20,4 | 67 | 759,26 | +21,0 | 59 | 760,30 | +18,0 | 64 | +21,4 | +14,0 | Nuageux. | O. N. O. |
| 12 | 759,50 | +22,3 | 64 | 758,70 | +25,5 | 50 | 757,28 | +25,2 | 50 | 755,94 | +20,0 | 64 | +25,5 | +15,0 | Nuageux. | S. |
| 13 | 753,04 | +24,0 | 74 | 752,60 | +26,7 | 65 | 751,30 | +27,0 | 61 | 750,52 | +21,3 | 72 | +27,5 | +18,5 | Eclaircies. | S. |
| 14 | 747,12 | +21,5 | 74 | 745,75 | +21,8 | 71 | 743,65 | +19,0 | 69 | 745,20 | +15,8 | 81 | +21,8 | +15,8 | Pluie | S. |
| 15 | 744,83 | +19,5 | 77 | 747,56 | +15,5 | 80 | 749,44 | +16,5 | 77 | 751,27 | +23,7 | 80 | +26,5 | +12,5 | Couvert, pluie. | O. très-fort. |
| 16 | 752,32 | +14,0 | 84 | 755,60 | +17,0 | 68 | 757,02 | +15,0 | 68 | 760,00 | +12,0 | 82 | +17,0 | +10,0 | Eclaircies. | N. O. |
| 17 | 762,23 | +16,5 | 68 | 762,00 | +18,5 | 64 | 761,98 | +19,2 | 59 | 761,47 | +13,7 | 74 | +19,2 | + 6,2 | Petites éclaircies. | O. |
| 18 | 757,60 | +18,3 | 70 | [illegible] | [illegible] | 57 | 755,06 | +21,3 | 54 | 753,85 | +16,9 | 67 | +23,5 | + 8,9 | Très-nuageux | S |
| 19 | 750,02 | +16,2 | 87 | 749,45 | +18,5 | 87 | 748,20 | +21,0 | 82 | 747,10 | +17,2 | 77 | +21,0 | +16,2 | Couvert, pluie. | S. O. fort. |
| 20 | 744,72 | +17,5 | 74 | 744,40 | +20,8 | 67 | 745,20 | +19,8 | 62 | 747,96 | +14,8 | 84 | +20,8 | +13,0 | Nuageux. | O. très-fort. |
| 21 | 753,83 | +17,0 | 72 | 754,57 | +20,4 | 57 | 755,67 | +17,2 | 62 | 757,47 | +11,7 | 73 | +20,4 | +10,7 | Eclaircies. | O. |
| 22 | 759,45 | +19,0 | 66 | 757,53 | +21,1 | 60 | 756,40 | +20,5 | 56 | 755,25 | +14,3 | 75 | +21,1 | + 9,5 | Voilé et nuageux. | S O. |
| 23 | 752,63 | +18,2 | 77 | 751,90 | +21,7 | 73 | 750,88 | +23,5 | 70 | 750,00 | +18,7 | 87 | +23,5 | +12,2 | Couvert | S. O. |
| 24 | 745,63 | +17,8 | 88 | 746,25 | +20,3 | 70 | 747,16 | +18,1 | 77 | 752,62 | +17,5 | 72 | +20,3 | +11,8 | Très-couvert. | S. O. tres fort. |
| 25 | 758,10 | +17,0 | 69 | 758,60 | +19,5 | 60 | 759,14 | +18,7 | 57 | 760,96 | +12,5 | 73 | +19,5 | +11,0 | Très-nuageux. | O |
| 26 | 760,96 | +18,1 | 74 | 759,44 | +21,0 | 63 | 758,16 | +21,5 | 57 | 755,20 | +16,3 | 78 | +21,5 | +10,0 | Nuageux. | S. |
| 27 | 752,65 | +18,7 | 74 | 752,90 | +19,9 | 64 | 752,34 | +19,4 | 55 | 752,20 | +12,2 | 80 | +19,9 | +11,2 | Voilé. | S O |
| 28 | 748,63 | +14,5 | 81 | 748,76 | +17,3 | 73 | 749,03 | +14,8 | 75 | 750,40 | +11,8 | 80 | +17,3 | +11,8 | Couvert. | O. S. O. |
| 29 | 750,03 | +15,7 | 72 | 751,30 | +17,6 | 75 | 753,12 | +18,2 | 73 | 756,88 | +14,5 | 85 | +18,2 | +12,2 | Petites éclaircies. | S. |
| 30 | 758,40 | +15,3 | 80 | 758,10 | +18,5 | 70 | 758,00 | +17,3 | 72 | 758,60 | +12,8 | 86 | +18,5 | +12,5 | Couvert. | N. O. |
| 31 | 756,03 | +14,4 | 83 | 755,12 | +17,5 | 74 | 753,60 | +14,5 | 85 | 753,60 | +14,0 | 88 | +17,5 | +11,7 | Couvert. | N. O. |
| 1 | 759,63 | +19,5 | 70 | 759,46 | +21,3 | 62 | 759,04 | +22,1 | 59 | 759,24 | +16,9 | 72 | +22,3 | +13,3 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 753,10 | +18,8 | 75 | 753,19 | +20,8 | 68 | 752,82 | +20,5 | 64 | 753,35 | +17,3 | 74 | +22,4 | +13,2 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 4,595 |
| 3 | 754,12 | +16,9 | 76 | 754,04 | +19,5 | 67 | 753,95 | +18,5 | 67 | 754,82 | +13,8 | 79 | +19,8 | +11,3 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 4,250 |
| | 755,57 | +18,3 | 74 | 755,52 | +20,5 | 66 | 755,23 | +20,3 | 64 | 755,77 | +15,9 | 75 | +21,5 | +12,6 | Moyennes du mois, | + 17,0. |

# TABLE

## DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU QUARANTE-UNIÈME VOLUME.

---

ERRATA.

Page 198, ligne 2, *au lieu de* sulfure de chlore, *lisez* chlorure de soufre.

Même page, ligne 26, *au lieu de* un corps très-volatil, *lisez* un corps très-peu volatil.

Page 204, ligne 14, *au lieu de* acide hydrosulfurique, *lisez* acide hydrochlorique.





Fig. 5.

Fig. 6.

Fer

Cuivre

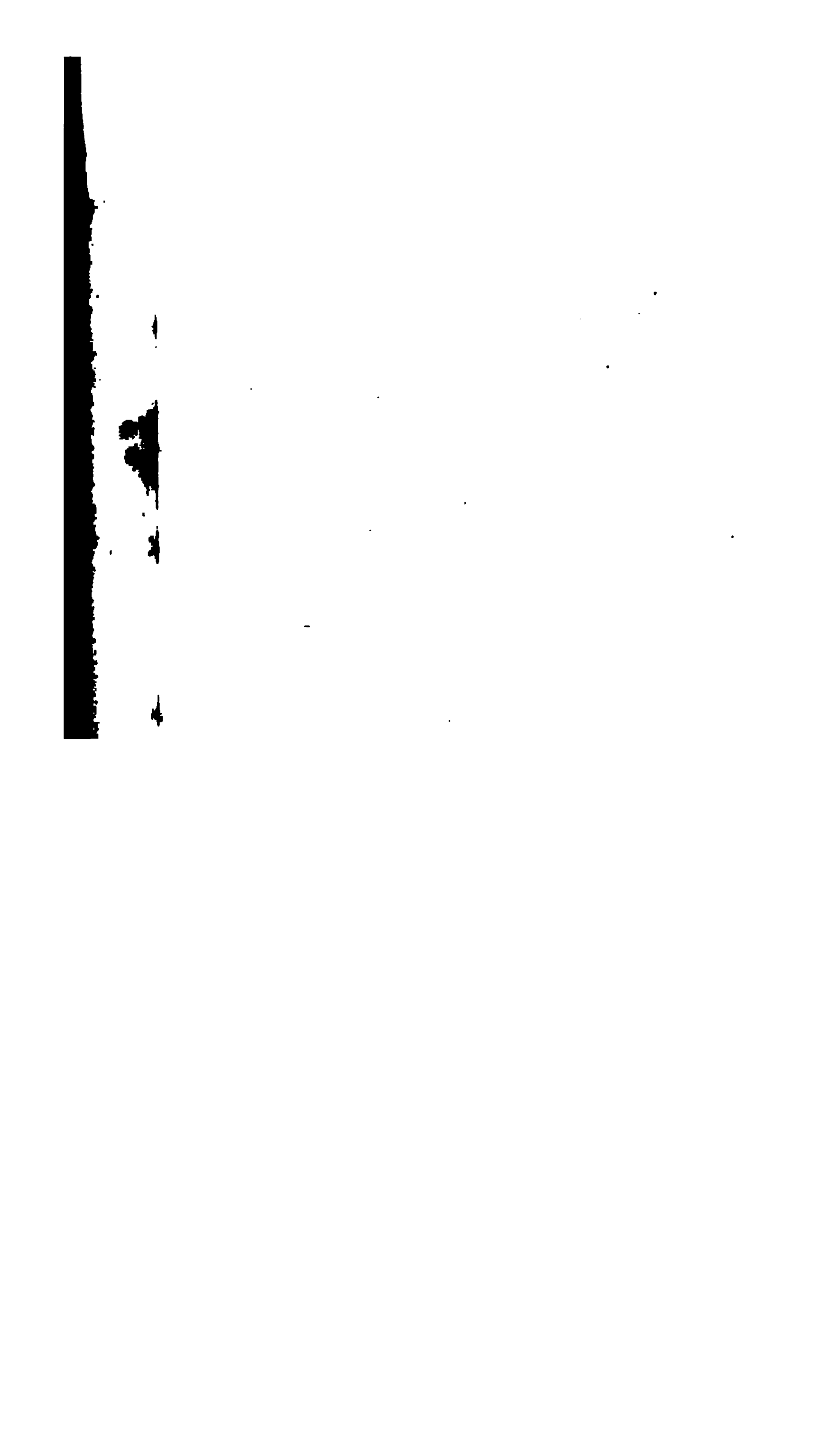
Fig. 2.

Fig. 9.

Fig. 11.

Fig. 12.

Gravé par Duran.

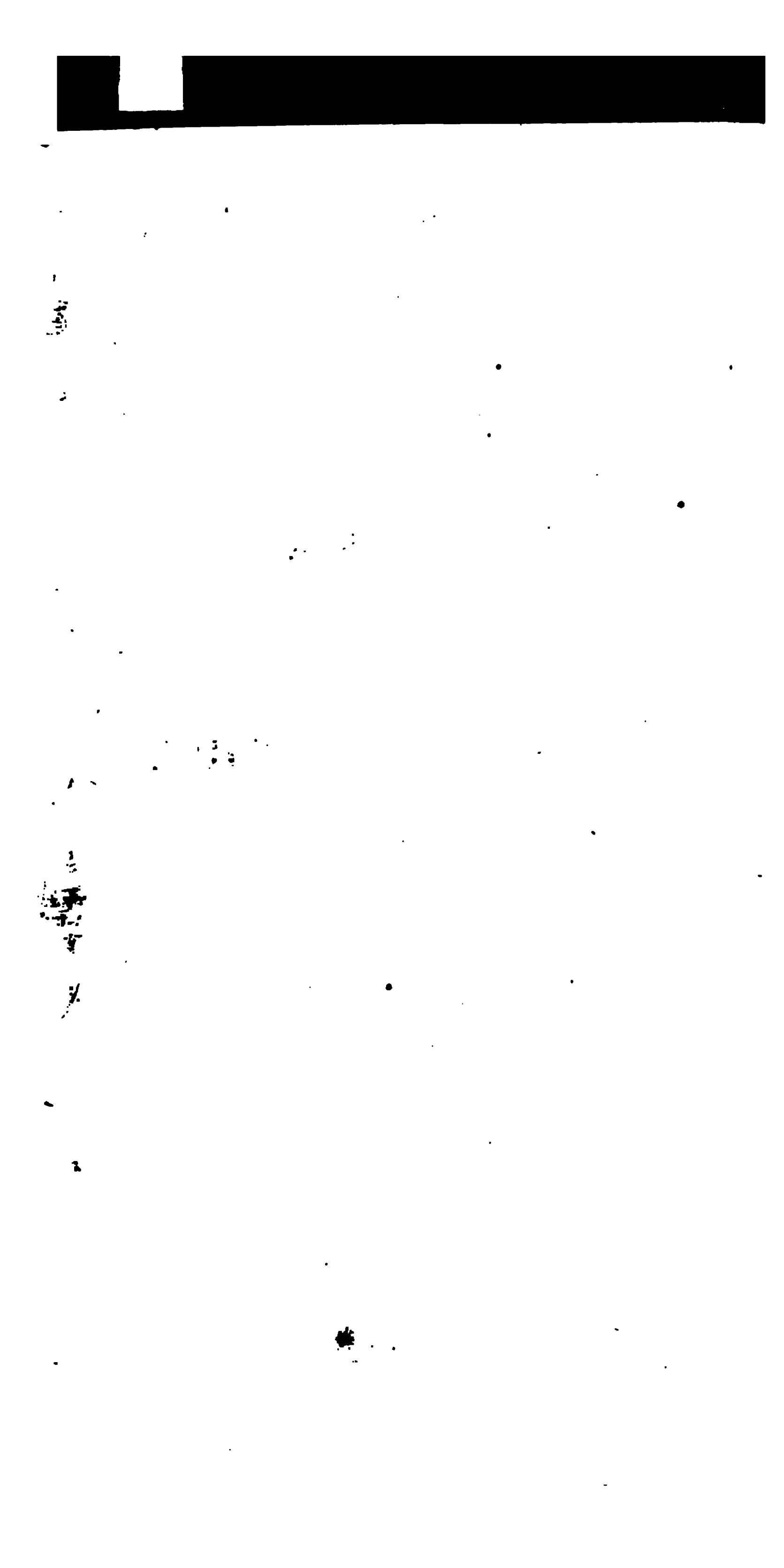


# ANNALES

DE

HIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XLII.



# ANNALES

DE

# HIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

---

TOME QUARANTE-DEUXIÈME.



A PARIS,

CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16,
près la rue des Mathurins.

1829.

DE L'IMPRIMERIE DE C. THUAU,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

## RAPPORT *sur les poudres fulminantes pouvant servir d'amorces aux armes à feu.*

Par MM. le colonel AUBERT, PÉLISSIER et GAY-LUSSAC.

Extrait des *Archives de la Direction des poudres et et salpêtres*. (1825.)

LE Ministre de la guerre, à l'occasion d'un fusil à percussion qui lui a été présenté par le capitaine Vergnaud, et qui est amorcé avec le mercure fulminant d'Howard, a invité M. le directeur-général des poudres et salpêtres (M. le comte Ruty) à faire faire sur les poudres fulminantes, et particulièrement sur le mercure fulminant, toutes les recherches et les expériences nécessaires pour éclairer et fixer l'opinion sur les dangers qu'elles peuvent présenter dans leur fabrication, leur transport et leur emploi. M. le directeur-général a chargé M. le colonel Aubert, MM. Pelissier et Gay-Lussac, de ce travail, et le rapport que nous avons l'honneur de présenter au comité a pour objet d'en faire connaître le résultat.

M. le capitaine Tardy, sous-inspecteur de la raffinerie de salpêtre de Paris, a bien voulu nous seconder et nous fournir plusieurs renseignemens, fruits de sa propre expérience.

On connaît un grand nombre de poudres qui fulminent par le choc; mais, sous le rapport de leur application aux armes à feu, celles au chlorate de potasse et au mercure fulminant, méritent seules une attention particulière; les autres présentent trop d'inconvéniens ou de dangers dans leur fabrication et leur emploi.

*Poudre au chlorate de potasse.*

Cette poudre est un mélange intime de soufre, de charbon et de chlorate de potasse. On peut supprimer le soufre ou le charbon, et les remplacer par d'autres substances inflammables; mais la poudre perd alors plus ou moins de son énergie. Sur la proposition de Berthollet, auteur de la découverte du chlorate de potasse, on avait commencé, en 1786, la fabrication de cette poudre à Essonne; mais une explosion, suivie des accidens les plus graves, força aussitôt à y renoncer. Cette poudre est beaucoup plus forte que la meilleure poudre faite avec le salpêtre : elle met promptement le mortier d'épreuve hors de service, en agrandissant la chambre et y produisant des gerçures profondes. Employée par M. Welter, à Meudon, à remplir des obus qu'il fit éclater enfouis dans la terre, elle les brisa constamment en morceaux uniformes de la grosseur d'un marron, tandis que les éclats d'autres obus remplis de poudre ordinaire, et placés dans les mêmes circonstances, furent beaucoup moins nom-

breux. Cette poudre pourrait, par conséquent, être employée avec plus d'avantage que la poudre ordinaire pour remplir les obus, enfoncer des portes, faire sauter un pont, etc.

La propriété qu'elle a de s'enflammer par le choc en a déterminé l'application, comme amorce, aux fusils à percussion; mais elle a été bientôt remplacée par le mercure fulminant, en raison de plusieurs inconvéniens qu'elle présente, et dont les principaux sont de crasser beaucoup et d'avoir une action très-corrosive sur le fer. Cette dernière propriété pouvant dépendre de l'acide sulfureux produit pendant sa décomposition, nous avons cherché à neutraliser les effets de l'acide, en mêlant à la poudre des quantités convenables de carbonate de soude desséchée. L'expérience a eu le succès désiré; mais la poudre a beaucoup perdu, par ce mélange, de son inflammabilité; et d'ailleurs nous n'avons pas tardé à reconnaître que le chlorure de potassium, résultant de la décomposition du chlorate de potasse pendant l'inflammation, corrode promptement le fer dans un air humide. C'est un grave inconvénient inhérent à la poudre au chlorate, et il ne nous paraît pas facile d'y remédier.

Nous croyons inutile d'insister plus long-temps sur les qualités de cette poudre, dont l'usage est abandonné; nous nous bornerons à dire que, si l'artillerie se déterminait à l'employer pour quelques cas particuliers, la fabrication et le transport pourraient, avec des précautions convenables, en être faits sans danger.

## *Poudre d'Howard ou fulminate de mercure.*

Cette poudre est aujourd'hui généralement employée pour les fusils de chasse, à cause de sa facile inflammation et de son inaction sur le fer. Nous allons l'examiner sous les divers rapports de son application aux armes à feu.

La poudre d'Howard est un sel formé d'oxide de mercure et d'un acide particulier composé d'un atome d'azote, d'un d'oxigène et de deux de carbone. Depuis que cette composition est connue, on a donné à la poudre le nom de *fulminate de mercure*. Quand elle détonne par le choc ou par la chaleur, le mercure est mis en liberté à l'état de vapeur, ainsi que l'azote; et, d'après le dépôt charbonneux que l'on observe sur les surfaces sur lesquelles on la fait détonner, il est très-probable que la moitié du carbone qu'elle contient forme, avec l'oxigène, de l'acide carbonique, et que l'autre moitié se dépose ou est dispersée. Dans cette supposition, 1 gramme de fulminate de mercure donnerait $0^{lit.},155$ de gaz permanens à la température de la glace fondante, et sous la pression de $0^{m},76$; mais ce volume, au moment de l'explosion, est beaucoup plus considérable, parce qu'il est dilaté par la chaleur et mêlé avec la vapeur mercurielle. Un gramme de poudre ordinaire donne à peu près un volume double de fluides élastiques.

La revivification du mercure à l'état de vapeur serait un inconvénient très-grave si la poudre fulminante entrait dans les amorces en quantité plus considérable que celle que l'on emploie; parce que la vapeur mercurielle est désagréable à l'odorat et nuisible à la santé. Les chas-

seurs, il est vrai, n'ont encore élevé aucune plainte contre cet inconvénient, mais il n'en est pas moins réel; et, avant d'adopter les amorces fulminantes pour le service militaire, il sera prudent de les examiner sous le rapport de l'influence qu'elles pourraient exercer sur le moral du soldat, par suite des inconvéniens que nous venons de signaler.

*Détonation du fulminate de mercure par le choc.*

Nous examinerons cette propriété, le fulminate étant parfaitement sec et très-humide.

Le fulminate sec détonne très-facilement par le choc de fer sur fer, un peu moins facilement par le choc de fer sur bronze, encore un peu moins par celui de marbre sur verre, ou de marbre sur marbre, verre sur verre; il s'enflamme cependant avec assez de facilité dans ces diverses circonstances, pour qu'on soit à peu près sûr d'en déterminer l'explosion à chaque coup. Le choc de fer sur plomb ne l'enflamme que très-difficilement, et celui de fer sur bois est tout-à-fait impuissant.

Le fulminate s'enflamme toujours facilement par le frottement, surtout par celui de bois contre bois; il détonne moins facilement par celui de marbre sur marbre, puis de fer sur fer; enfin de fer sur bois ou sur marbre. Le fulminate qui a été pulvérisé détonne plus difficilement, surtout par le frottement que celui qui est en cristaux.

Humecté à 5 pour cent d'eau, le fulminate perd beaucoup de son inflammabilité; il détonne cependant par le choc de fer contre fer, mais la partie frappée brûle seule et sans flamme, sans communiquer l'inflammation à celle qui ne l'est pas. Le frottement de bois sur bois pro-

duit un effet semblable; mais l'inflammation n'a point été produite dans les expériences par le choc de marbre contre marbre, ni par le frottement de marbre sur marbre ou sur bois. Le fulminate, enflammé par un corps chaud, fuse avec la même lenteur que la poudre à tirer humectée à 15 pour cent d'eau.

Si le fulminate est mêlé avec 10 pour cent d'eau, l'inflammation en est encore plus difficile. Il disparaît cependant par le choc de fer sur fer, mais sans flamme et sans bruit; la partie frappée brûle seule et projette l'autre. Humecté à 30 pour cent, il détonne encore quelquefois sous la mollette (bois sur marbre) pendant les manipulations; mais la détonation est partielle et ne se communique pas au reste de la masse; la molette est seulement soulevée sous le bras de l'ouvrier, et il n'en résulte jamais aucun accident. Ces expériences donnent la certitude qu'en opérant sur le fulminate mêlé avec de l'eau, les explosions en seront peu à redouter (1).

*Effet de l'explosion du fulminate de mercure.* Le caractère des poudres éminemment inflammables est de détonner au moment de leur inflammation, lors même que l'on n'en emploie que des quantités très-petites, et d'agir sur les corps environnans, comme un mobile animé d'une grande vitesse. La poudre ordinaire la mieux

---

(1) D'après les nouvelles dispositions adoptées dans la fabrique d'amorces, située dans la plaine d'Ivry, près Paris, depuis l'explosion qui l'a entièrement détruite, on a fabriqué dans cet établissement plus de 200 millions de capsules, sans autre accident qu'un marbre cassé sous la molette, comme il vient d'être dit plus haut.

préparée est infiniment loin d'avoir une inflammation aussi rapide que le fulminate de mercure et surtout que le fulminate d'argent, et il n'y a pas d'arme qui, chargée avec l'un ou l'autre de ces deux fulminates à la même dose qu'avec la poudre à tirer, pût résister à leur action, quoique le volume des fluides élastiques produits dans le premier cas soit plus petit que dans le second (1).

30 grammes de fulminate de mercure enflammés dans une petite boîte de carton, sur le fond d'un baril mal affermi, y ont fait uu trou arrondi sans le briser, comme l'aurait fait un boulet lancé par une pièce de quatre. Le bruit de l'explosion a paru beaucoup plus fort que celui d'un mousquet.

La même quantité de poudre, enflammée dans de semblables circonstances, a fait à peine entendre du bruit, n'a pas brisé le fond du tonneau, et ne l'a pas même ébranlé.

25 grammes de fulminate de mercure, mis à l'air libre sur une planche placée sur le sol, l'ont réduite en pièces et ont fait de plus un trou dans la terre au-dessous de la

---

(1) Quelle que soit la dose de fulminate de mercure que l'on mette dans une arme faite avec les métaux connus, on la détruirait très-promptement; car, pendant le chargement des amorces avec le fulminate mitigé par de la poudre ordinaire, les poinçons en acier fondu trempé, avec lesquels on presse cette poudre au fond des capsules, sont promptement sillonnés par les explosions qui se font à chaque instant, quoique les gaz produits aient un libre cours sur les côtés des poinçons.

planche. La même quantité de fulminate, placée sous un baril défoncé, de la capacité d'environ un hectolitre, l'a réduit en pièces par sa détonation.

Une petite chambre en acier de $3^{\text{mil.}}$ cubes de capacité, et dont les parois avaient $3^{\text{mil.}}$ d'épaisseur, a été souvent brisée en morceaux par l'explosion du fulminate de mercure qu'elle renfermait.

25 grammes de fulminate, enflammés à l'air libre, ont communiqué l'inflammation à une autre portion de fulminate placée à 5 centimètres de distance ; mais l'inflammation n'a pas eu lieu sur une seconde portion de fulminate à la distance de 12 centimètres.

Si l'on place l'une contre l'autre sur du papier, et même l'une sur l'autre, une traînée de fulminate de mercure et une traînée de poudre à tirer, et qu'on mette le feu au fulminate, la poudre à tirer sera dispersée sans laisser de trace de sa combustion sur le papier, et on la retrouvera presqu'en entier. Si l'on met, au contraire, le feu à la poudre à tirer, dès que l'inflammation sera parvenue au fulminate, celui-ci, tant sa détonation est instantanée, aura encore le temps de disperser le reste de la poudre, avant que l'inflammation ait pu l'atteindre, et l'on n'apercevra point de traces de combustion de la partie projetée. Un mélange intime de fulminate et de pulvérin brûlera, au contraire, en totalité.

Ce résultat sur la propagation d'inflammation par le fulminate, à d'aussi petites distances, à l'air libre, paraît d'autant plus extraordinaire que, dans les amorces des armes à feu, cette propagation, relativement à la quantité de fulminate, est incomparablement plus grande, puisqu'elle s'étend à plus d'un centimètre, et que le

lieutenant-colonel Châteaubrun a porté l'inflammation à la poudre, dans une pièce de 24, à travers l'épaisseur du métal, par une cheminée de 10 points, avec 10 centigrammes de fulminate. Mais les résultats que nous venons de citer, sont incontestables, et l'on verra bientôt que l'anomalie qu'ils semblent présenter n'est point réelle (1).

La force du fulminate de mercure est de beaucoup plus grande que celle de la meilleure poudre de chasse, mais il serait difficile de dire de combien. On s'est borné, pour l'apprécier, à faire détonner des quantités variables de fulminate de mercure et de poudre de chasse, sous une masse creuse en cuivre, disposée de manière qu'on pût mesurer son ascension. On a trouvé que, dans cette circonstance, le fulminate élevait la masse de cuivre à une hauteur 15 à 30 fois plus grande que la poudre.

La grande rapidité d'explosion de la poudre fulminante de mercure, de laquelle résultent des effets semblables à ceux que produit un mobile lancé par une arme à feu, pourrait en rendre l'emploi utile dans quelques circonstances, par exemple, pour briser des portes, sous forme de pétards.

*Mélange du fulminate de mercure avec la poudre pour amorces.* La quantité de fulminate de mercure nécessaire pour une amorce est si petite, qu'elle n'est, pour

---

(1) Notre marine a adopté une amorce faite avec la même poudre, qui se place sur la lumière du canon, et qui non-seulement va porter le feu dans la gargousse, à travers toute l'épaisseur du métal, mais encore la crève, quelque fort que soit le parchemin ou la matière qui a servi à la faire.

ainsi dire, point maniable. On a été conduit naturellement à mêler le fulminate avec la poudre ordinaire, pour augmenter le volume des amorces; mais ce n'est pas là le principal avantage de ce mélange. En effet, le fulminate de mercure pur ne communique l'inflammation à la poudre que difficilement et à des distances beaucoup plus petites que lorsqu'il est mêlé avec du pulvérin; c'est une conséquence de l'instantanéité de son inflammation. S'il est seul, les fluides élastiques ont perdu la plus grande partie de leur calorique avant d'arriver à la poudre, et ne peuvent plus l'enflammer; mais, s'il est mélangé avec du pulvérin, celui-ci est porté sur la poudre encore en ignition et y met le feu. Telle nous paraît, au moins, l'explication des résultats rapportés plus haut sur la propagation de l'inflammation du fulminate (1).

La proportion qui paraît la plus avantageuse est en poids pour les amorces à capsule, de 10 de fulminate et 6 de pulvérin. On les rend un peu moins vives avec la proportion de 10 de fulminate et 7 de pulvérin.

Dans les amorces cirées, la proportion du pulvérin doit être diminuée; elle est de 5 dans celles du commerce, et de 3,3 dans les amorces qu'a proposées M. Vergnaud pour le fusil de guerre.

---

(1) Dans des essais de mélange de fulminate de mercure avec diverses matières, qui ont été faits plutôt pour préserver les amorces de l'humidité que pour changer la composition de la poudre, on a reconnu que beaucoup nuisent à l'explosion du fulminate, quoique mêlées avec lui seulement en bien petites proportions; telles sont l'huile, le suif et la résine.

La quantité de fulminate de mercure suffisante pour un fusil de chasse est de 0g,0166, c'est-à-dire, que l'on peut faire 57,600 amorces avec un kilogramme de fulminate ; mais, pour le fusil de guerre, l'amorce devrait être un peu augmentée. Dans les amorces cirées, la quantité de fulminate est de 3 centigrammes ou environ double de celles des amorces à capsule.

La force nécessaire pour produire l'inflammation du fulminate de mercure, augmente à mesure que la proportion du pulvérin devient plus grande, et la couche du fulminate plus épaisse. On peut conséquemment faire des amorces plus ou moins explosives, qui s'enflammeraient, par exemple, par le choc du chien armé, et qui résisteraient à celui du chien partant de son repos. On s'est servi avec avantage, pour mesurer cette force, d'un mouton tombant de hauteurs variables ; mais on a reconnu la nécessité de rechercher en même temps l'étendue de la propagation du jet enflammé dans la cheminée qui doit le conduire à la poudre ; car, ainsi qu'on l'a remarqué, ce n'est pas le fulminate pur qui porte le plus loin l'inflammation. Au reste, on peut employer les amorces les plus explosives, sans crainte de les enflammer par le chien partant du repos, en ne laissant entre lui et la cheminée qu'une très-petite distance.

*Examen des amorces fulminantes sous le rapport du crassement et de leur action sur le fer.* Le mercure fulminant, ainsi qu'on l'a remarqué, laisse un résidu charbonneux sur les corps sur lesquels on le fait détonner. Ce résidu est assez grand relativement au poids du fulminate ; mais il n'est suivi d'aucun inconvénient à cause de l'extrême petitesse des amorces fulminantes ; il ne

prend d'ailleurs jamais de cohérence, et ne peut s'accumuler beaucoup sans être dispersé par l'effet de la détonation. Il n'exerce d'ailleurs aucune action corrosive sur le fer.

Les amorces fulminantes, telles qu'on les emploie, et qui sont un mélange de mercure fulminant et de pulvérin, se comportent d'une manière différente. Si l'on jugeait de la crasse qu'elles laissent par le nombre des ratés, manière très-exacte d'en apprécier les inconvéniens, on la regarderait comme nulle; car, d'après les expériences qui seront rapportées plus bas, sur cent coups tirés de suite, on n'a eu aucun raté, ni de lumière, ni de canon; tandis qu'avec la poudre ordinaire on évalue ordinairement le nombre des ratés à un sur sept coups avec nos anciennes platines.

Pour apprécier l'action corrosive des amorces fulminantes, on a fait détoner sur un canon de fusil bien poli des quantités à peu près égales de fulminate pur, de fulminate mêlé avec du pulvérin pour amorce, de poudre au chlorate et de poudre ordinaire; on a aussi humecté une portion du canon avec une dissolution de sel marin, et on a placé le canon dans un rez-de-chaussée humide. Vingt-quatre heures après, on a examiné l'effet produit sur le fer. Le fulminate pur avait laissé un résidu charbonneux qui a paru plus volumineux que celui de la poudre ordinaire, mais au-dessous duquel le fer n'était point altéré. La poudre ordinaire a donné moins de résidu, et a moins rouillé le fer que la poudre fulminante pour amorces; c'est ensuite l'eau salée, et enfin la poudre au chlorate qui ont produit le plus de rouille.

*Examen des avantages que présentent les fusils à percussion, sous le rapport de l'économie de la poudre.* Dans le fusil ordinaire, il se fait par la lumière une perte de fluides élastiques qui n'a pas lieu dans le fusil à percussion, et il a paru intéressant de mesurer l'étendue de cette perte.

On a pris deux fusils semblables du modèle de 1816 pour l'infanterie, que nous désignerons par n° 1 et n° 2, et on les a essayés successivement au pendule, avec une charge de 10 grammes de poudre de mousqueterie et une balle de 19 à la livre, placée entre deux bourres de carton lissé. Le recul ayant été sensiblement le même pour les deux fusils, on a fait adapter une platine à percussion au fusil n° 2, et on a cherché quelle était la quantité de poudre dont on devait le charger pour obtenir le même recul qu'avec l'autre fusil chargé de 10 grammes de poudre et d'une balle. On a trouvé que $9^{g},14$ suffisaient, et, par conséquent, on pourrait diminuer la charge de près de un dixième, en substituant le fusil à percussion au fusil ordinaire, sans affaiblir la portée. Le rapport qui vient d'être assigné reste sensiblement le même, en employant des charges un peu plus fortes que celle de 10 grammes, et s'applique exactement à la charge de $12^{g},25$ des fusils de munition, dont environ 11 grammes seulement entrent dans le canon (1).

(1) La différence entre les effets du fusil à percussion et du fusil à pierre est peut-être aussi due en partie à la plus grande rapidité d'inflammation de la charge qu'occasione l'amorce de poudre fulminante.

A l'économie de poudre d'environ $\frac{1}{10}$ de la charge que produirait l'adoption du fusil à percussion, il faut ajouter celle de l'amorce dans le fusil ordinaire, dont le poids, lorsqu'on remplit le bassinet, est, terme moyen, de $1^{g},1$, et enfin celle due aux ratés de canon que l'on évalue ordinairement à un sur sept coups. En réunissant ces diverses quantités, on trouve $2^{g},276$ d'économie par coup de $12^{g},25$, ou de $2^{kil.},276$ par 1000 coups, ou enfin de $6^{fr.}\,26$, à raison de $2^{fr.}\,75$ par kilogramme de poudre. A la vérité, cet avantage est compensé, en partie, par le prix des amorces fulminantes, qui peut être évalué, pour celles à capsule, à $3^{fr.}\,50$ le mille; mais, en retranchant ce dernier nombre de $6^{fr.}\,26$, on obtient encore une économie de $2^{fr.}\,76$ par 1000 coups. Au surplus, nous n'insistons sur ce calcul que pour montrer que l'adoption des amorces fulminantes, sous le rapport de l'économie, serait plus avantageuse qu'onéreuse.

*Ratés dans le fusil à percussion.* Afin de mieux apprécier l'effet des amorces fulminantes, on a cherché à se placer dans des circonstances analogues à celles qui ont lieu à la guerre, en employant, pour les expériences, une poudre à mousquet un peu altérée et mal époussetée. Le fusil était tiré à balle avec la charge accoutumée, et l'amorce fulminante était à capsule.

Avec une cheminée dont le diamètre était de $1^{mil.},1$, les ratés du canon ont commencé au $53^{me}$ coup, et du $55^{me}$ au $60^{me}$ on a usé jusqu'à six amorces sans dégorger la lumière, avant de le faire partir.

En substituant une cheminée de $1^{mil.},85$ à la première, il n'y a pas eu de ratés, sur 100 coups, dans plusieurs séries d'expériences. Après la dernière série, on n'a

ıt nettoyé le fusil, et le lendemain on a recommencé ir. On a eu des ratés aux coups suivans : 1, 2, 3, 5, 6, 7, 16, 42 ; mais ensuite la série de coups jus- à 100 a été terminée sans ratés. C'était évidemment rasse formée la veille dans la cheminée et gonflée l'humidité qu'elle avait absorbée, qui avait causé ratés. Il est remarquable que, dans toutes ces expé- ıces, on n'a observé aucun raté d'amorce.

ıes mêmes épreuves ont été recommencées avec les orces cirées proposées par M. Vergnaud, en se ser- ıt du même fusil dont la batterie avait été convena- ment modifiée. La température de l'atmosphère, nt très-élevée, a fait reconnaître plusieurs inconvé- ns aux amorces cirées; elles se ramollissent, s'agglo- rent par une légère pression et se déforment. Les és avec la cheminée de $1^{mill.}$,1 ont été plus nombreux avec les capsules pendant que la température était vée; ils se sont montrés souvent dans le $20^{me}$ coup, is ils ne sont devenus continus, comme pour les ısules, que vers le $60^{me}$. Avec une lumière de $1^{m}$,85 diamètre, il n'y a pas eu de ratés sur 100 coups; is le crachement est devenu alors si considérable on a été obligé de faire usage d'un couvre-vue. ımorce a quelquefois raté, ce qui peut dépendre au- t de sa nature particulière que de la forme de la tine.

Ce n'est pas ici le lieu de comparer la batterie pour amorces cirées à celle pour les amorces à capsule ; ıs nous bornerons à remarquer que la batterie pour capsules exigera moins de précision dans son exécu- n que l'autre ; que son marteau frappera plus sûre-

ment la cheminée selon une direction perpendiculaire, et aura besoin de moins de force pour enflammer l'amorce, et qu'enfin le crachement sera moins considérable.

L'avantage de n'avoir aucun raté ne se borne pas à une économie de poudre de 1 amorce sur 7; il faut faire attention que la quantité de poudre, employée pour amorce par le soldat, soit involontairement, soit à dessein, comme il le fait souvent pour diminuer le recul de son arme, est beaucoup plus considérable que celle qui a été supposée. Mais, indépendamment de cette économie qui pourrait paraître insignifiante, l'absence de tout raté a l'énorme avantage d'augmenter l'assurance du soldat, en lui donnant la certitude que son arme ne lui manquera pas en face de l'ennemi au moment du danger.

On pourrait croire qu'on ne parvient à éviter les ratés qu'en donnant à la cheminée de la lumière un trop grand diamètre, et en diminuant par conséquent les portées; mais l'expérience nous a appris que le recul du fusil pendule est exactement le même avec une cheminée de $1^{mil.},85$ de diamètre, qu'avec une cheminée de $1^{mil.},10$. Ce résultat ne surprendra point si l'on fait attention que la cheminée reste fermée par le marteau après la percussion. Il serait même possible d'en augmenter encore le diamètre, en donnant au marteau une force suffisante pour résister à l'effort des fluides élastiques qui tendraient à s'échapper par la lumière.

D'ailleurs, nous nous sommes assurés que, même dans le fusil ordinaire, la variation du diamètre de la lumière, dans les limites de 1 à 2 millimètres, n'occa-

sione pas de diminution sensible dans la portée. Voici le tableau des résultats que nous avons obtenus :

| Diamètre de la lumière. | Charge de poudre correspondant à chaque diamètre, pour obtenir le même recul au fusil pendule. |
|---|---|
| 0$^{mill.}$90 | 10$^{gram.}$00 |
| 1 66 | 10 00 |
| 2 76 | 10 39 |
| 3 48 | 10 72 |

*Fabrication du fulminate de mercure.* Cette poudre se prépare avec le mercure, l'acide nitrique à 38 ou 40° de Baumé, et l'alcool à 85 ou 88 degrés centésimaux. Des expériences variées sur de petites quantités nous ont appris que les meilleures proportions sont celles qu'avait trouvées Howard : 1 de mercure, 12 d'acide nitrique et 11 d'alcool. Un kilog. de mercure produit 1 kil. $\frac{1}{4}$ de fulminate pur, quantité avec laquelle on pourrait faire au moins 40,000 amorces à capsule pour le fusil de guerre.

Le fulminate de mercure, tel qu'on le prépare, étant en petits cristaux, on commence par le broyer sur une table de marbre avec une molette en bois, après l'avoir mouillé avec 30 pour 100 d'eau ; on ajoute ensuite six parties de poudre ordinaire sur dix de fulminate, et on continue à broyer. On obtient une pâte ferme qui, essorée au degré convenable, est mise en grains, dont chacun doit faire une amorce.

Si le fulminate de mercure ne présente aucun danger

tant qu'il est humide, il n'en est plus de même lorsqu'il est sec, et on ne doit le manier alors qu'avec beaucoup de précaution. Néanmoins on peut éviter de l'employer dans cet état ; et comme la fabrication des amorces fulminantes sera toujours très-petite, qu'on peut la diviser beaucoup et lui appliquer des procédés très-parfaits, nous n'hésitons pas à déclarer qu'elle pourrait être faite sans aucune difficulté et sans plus de danger que celle de la poudre ordinaire dans les établissemens du Gouvernement. Une explosion aurait même des suites moins fâcheuses, tant pour les ouvriers que pour les bâtimens, à cause de la très-petite quantité de matière mise en manipulation.

*Diverses espèces d'amorces employées jusqu'à ce jour.* On a employé : 1° la poudre fulminante en grains ; 2° la poudre en pastilles recouvertes de plomb ou de papier ; 3° la poudre en grains vernis ; 4° les amorces cirées ; 5° les amorces à capsule ; et 6° celles en tube.

La poudre en grains est très-dangereuse, car l'explosion d'un seul grain détermine celle de toute la masse. Elle n'est presque plus en usage. Les autres amorces n'ont pas le même inconvénient ; mais comme elles ont de commun d'avoir une enveloppe, et que celles dites cirées et à capsule sont presque les seules en usage, nous ne nous occuperons que de ces dernières.

Les amorces cirées étaient en usage parmi les chasseurs, lorsqu'elles ont été proposées par M. Vergnaud pour l'infanterie. Elles renferment chacune 3 centigrammes de fulminate de mercure et 1 centigramme de pulvérin de poudre à canon, et sont enveloppées d'une couche de cire appliquée à la main, qui les défend très-

bien de l'action de l'humidité, et les empêche de s'enflammer simultanément. Elles se fixent aussi très-bien sur le bassinet, et peuvent être transportées facilement et sans danger, en prenant soin toutefois de les garantir de la chaleur du soleil et de celle des corps qui pourraient déterminer leur agglomération.

Elles ont l'inconvénient de cracher beaucoup, et de donner un peu plus de fumée et d'odeur que les amorces à capsule. Leur prix actuel dans le commerce est de 6$^{fr.}$,75, à 7$^{fr.}$ le mille.

Les amorces à capsule sont aujourd'hui le plus en usage, et forment au moins les $\frac{80}{100}$ de la consommation; celles pour le fusil de chasse renferment chacune 0$^{g}$,017 de fulminate de mercure, mêlé avec 6 dixièmes de son poids de pulvérin. Ces amorces résistent très-bien à l'action de l'humidité, et prennent feu après plusieurs heures d'immersion dans l'eau. Leur forme, très-régulière et très-solide, permet de les fixer sur la cheminée de la lumière par des moyens mécaniques, ce qui sera très-avantageux pour les fusils de guerre. Dans l'explosion, la capsule de cuivre est déchirée, et rarement divisée et lancée; mais, en creusant la tête du marteau de percussion, le cuivre n'est plus projeté que contre terre.

Les capsules se fabriquent au balancier avec une grande rapidité. Les amorces prennent feu quelquefois pendant leur fabrication; mais l'inflammation ne se communique que très-rarement au petit nombre de celles qui sont en manipulation. Le transport en est facile et sans danger. Leur prix actuel dans le commerce est de 3$^{fr.}$,50 le mille. On ne peut dire, dans ce moment, lesquelles des amorces cirées et des amorces à capsule

seraient préférables pour le service militaire; des épreuves seront nécessaires pour résoudre cette question.

CONCLUSION.

L'expérience acquise sur les amorces fulminantes, et leur usage presque général pour les armes de chasse, rendent incontestable leur avantage pour les armes de guerre. Leur adoption procurerait économie de poudre, assurerait le tir et donnerait au soldat plus de confiance.

La poudre au chlorate de potasse ayant l'inconvénient de rouiller et de crasser beaucoup les armes, et d'occasioner par conséquent des ratés, on doit donner la préférence pour les amorces au fulminate de mercure, qui n'a aucun de ces inconvéniens.

La fabrication du fulminate de mercure, bien qu'elle ne soit pas sans danger, n'offre point de difficultés réelles, et l'Administration des poudres serait promptement en mesure de l'entreprendre, et de fournir à tous les besoins du Gouvernement.

Les amorces proposées par M. Vergnaud sont composées avec le fulminate de mercure, comme toutes les amorces en usage ; mais elles sont caractérisées par leur enveloppe de cire. Celles à capsule, à en juger par leur emploi presque général pour les fusils de chasse, paraissent préférables; mais les besoins du service militaire peuvent exiger d'autres conditions qu'il ne nous appartient pas d'examiner, et l'expérience doit seule déterminer la préférence.

En terminant ce rapport, nous croyons devoir présenter une objection qu'on pourrait peut-être élever contre l'application des amorces fulminantes aux armes

[redacted]



de guerre ; c'est que le mercure, qui fait la base essentielle de ces amorces, nous vient de l'étranger, et que, en cas de guerre, on pourrait en être privé, de manière que le service militaire pourrait s'en trouver gravement compromis.

Mais, pour réduire cette objection à sa juste valeur, il suffit de remarquer que l'on peut faire au moins 40,000 amorces, avec 1 kilogramme de mercure, et qu'avec 100 kilog. on ferait quatre millions d'amorces, quantité suffisante pour armer 100,000 hommes. Il serait donc facile de faire en temps opportun des approvisionnemens de mercure suffisans pour les besoins militaires ; d'ailleurs, on sait par expérience que, même pendant le dernier blocus continental, la France n'a jamais manqué de mercure. Enfin on pourrait, au besoin, remplacer momentanément le mercure fulminant par le chlorate de potasse, sans rien changer au mécanisme des batteries des armes à feu, ou même employer le fulminate d'argent.

---

## NOUVEAU *Composé de chlore, de phosphore et de soufre ou chloro-phosphure de soufre.*

PAR M. SÉRULLAS.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 6 juillet 1829.)

ON a admis jusqu'à présent que le phosphore et le soufre pouvaient se combiner en toutes proportions. Seulement, dans ces derniers temps, M. Faraday a fait connaître un composé de ces deux substances susceptible

de cristalliser, et formé de 1 atome de soufre et 2 atomes de phosphore, conséquemment à proportions définies.

D'après cette observation, il était à présumer qu'en mettant en contact de l'hydrogène sulfuré avec les deux chlorures de phosphore, on obtiendrait deux sulfures de phosphore également à proportions déterminées. Les expériences que j'ai faites à ce sujet n'ont pas présenté exactement les résultats qu'on pouvait prévoir; mais elles en ont offert d'autres non moins intéressans et tout-à-fait nouveaux.

On a introduit dans un flacon plein de gaz hydrogène sulfuré sec, du perchlorure de phosphore en poudre, et on a assujetti le bouchon. En peu de temps, le contenu s'est converti en un liquide incolore et transparent, et en gaz acide hydrochlorique; il y a eu développement assez fort de chaleur sur le point où se trouvait le chlorure de phosphore.

En supposant la réaction telle que tout serait transformé en sulfure de phosphore et en acide hydrochlorique, j'avais calculé que $3^g,785$ de perchlorure seraient suffisans pour chaque litre d'hydrogène sulfuré composé de

| | | |
|---|---|---|
| 1 atome soufre.... | 1,456 | 1,547. |
| 2 at. hydrogène... | 0,091 | |

Mais, en examinant ce liquide, j'ai reconnu qu'il contenait du chlore, du phosphore et du soufre; conséquemment, que c'était un chlorure de phosphore et de soufre sur lequel l'excès d'hydrogène sulfuré cessait d'agir : alors j'ai augmenté la quantité de perchlorure de phosphore, et je l'ai établie, pour chaque litre d'hydro-

gène sulfuré, à $7^{g},955$, ou un peu moins, afin que celui-ci fût en excès.

Pour la préparation de ce chlorure de phosphore et de soufre, on peut également faire arriver sur le perchlorure de phosphore contenu dans un ballon, un courant modéré d'hydrogène sulfuré desséché. On voit le liquide se former successivement, et à la surface du chlorure solide, il se manifeste un mouvement vif d'ébullition dû au dégagement de l'acide hydrochlorique. On doit faire passer le tube chargé d'apporter le gaz hydrogène sulfuré à travers un bouchon adapté au flacon, et muni d'un autre tube vertical pour donner issue au gaz acide hydrochlorique et à l'excès d'hydrogène sulfuré. Néanmoins, pour éviter toute perte, il est mieux de remplir d'abord le ballon d'hydrogène sulfuré, et d'y introduire ensuite le chlorure de phosphore, et fermer comme on l'a dit.

On retire le produit et on le distille dans une petite cornue; il peut subir cette opération indéfiniment sans altération.

Il est d'abord un peu opalin, mais en peu de temps il devient transparent et incolore comme l'eau la plus limpide; il est plus pesant que l'eau; il a une odeur particulière, un peu piquante et aromatique, mêlée de celle d'hydrogène sulfuré; au contact de l'air, il donne quelques vapeurs; il entre en ébullition à 125 degrés.

L'odeur d'hydrogène sulfuré qu'il répand à l'air dépend de l'action décomposante qu'il exerce sur l'humidité atmosphérique. Car ce chlorure, traité dans l'appareil ordinaire par l'oxide de cuivre, n'a pas donné de traces

d'eau , ni d'aucun gaz ; ce qui prouve l'absence absolue d'hydrogène dans sa composition.

Pour avoir une donnée sur les proportions des élémens de ce nouveau composé, on a noté la quantité qu'on pouvait en obtenir d'une quantité déterminée de perchlorure de phosphore.

| | | |
|---|---|---|
| 20 gram. perchlorure de phosphore | 5 at. chlore . . | 16,99 |
| | 1 at. phosphore | 3,01 |
| | | 20,00 |

ont produit; chlorure de phosphore et de soufre 16,355.

Ce qui démontrerait que le perchlorure de phosphore perd dans cette circonstance 2 atomes de chlore, étant ainsi ramené à l'état de protochlorure, lequel s'unit chimiquement à 1 atome de soufre remplaçant les 2 atomes de chlore disparus sous forme d'acide hydrochlorique; puisqu'on devrait avoir dans cette supposition :

| | |
|---|---|
| 3 at. chlore...... | 10,194 |
| 1 at. phosphore... | 3,010 |
| 1 at. soufre...... | 3,080 |
| | 16,284,. |

au lieu de 16,355. Ce petit excès de poids peut tenir à la présence d'une certaine quantité de gaz acide hydrochlorique non complètement expulsé du ballon où s'est fait l'expérience.

J'ai essayé de produire le chlorure de phosphore et de soufre en mêlant et distillant du sulfure de phosphore liquide avec du protochlorure de phosphore. Le proto-

chlorure s'est d'abord volatilisé seul, et le sulfure de phosphore resté a fait explosion à la fin.

Du soufre et du phosphore, séparément, ont été mis dans du chlorure de phosphore et de soufre pour voir si celui-ci serait susceptible de se combiner avec une plus grande proportion de l'un ou de l'autre ; il s'en est dissous peu à froid et beaucoup plus à chaud, mais, par le refroidissement, l'excès s'en est séparé. Ensuite, par la distillation, le chlorure, un peu coloré en jaune, a repris toute sa blancheur, abandonnant encore dans la cornue la petite quantite de soufre ou de phosphore qu'il avait pu retenir.

Ces expériences prouvent que le chlorure de phosphore et de soufre est bien un composé à proportions définies, qui ne doit sa formation qu'à la circonstance favorable de l'état naissant et du protochlorure de phosphore et du soufre ; ce qui me l'a fait considérer comme un composé de protochlorure de phosphore et de soufre, plutôt que comme un chlorure double. Car, quel que soit l'excès d'hydrogène sulfuré qu'on mette en contact avec ce chlorure, quelque prolongé que soit ce contact, ainsi qu'on l'a déjà dit, il n'éprouve aucun changement ; tandis que le protochlorure de phosphore, dans la même circonstance, est bientôt converti en un corps solide, dont nous dirons un mot tout à l'heure.

Soumis à l'action de l'eau, le chloro-phosphure de soufre se décompose lentement à la température ordinaire ; il faut plusieurs jours : on hâte cette décomposition, qu'on peut obtenir en beaucoup moins de temps, par une agitation fréquente, ou en quelques heures par la chaleur. Dans tous ces cas, il se forme des vapeurs

blanches très-épaisses qui se condensent ; du soufre divisé se dépose, et rend la liqueur lactescente quand on emploie l'eau seulement.

Avec l'ammoniaque liquide ou la potasse caustique en dissolution, la décomposition est assez prompte à l'aide de l'agitation, la température s'élève au point de contact; dans ces cas, comme dans les précédens, il se forme de l'hydrogène sulfuré, de l'acide hydrochlorique, et de l'acide phosphorique (1), conséquemment des sels quand il y a le concours des bases.

Le nitrate d'argent y produit un précipité grisâtre, abondant, mélangé de chlorure, de sulfure et de phosphate jaune d'argent.

### *Analyse du chloro-phosphure de soufre.*

La quantité de chlore a été constatée en traitant le chloro-phosphure de soufre par la potasse caustique dans un ballon à long col, chauffant légèrement et agitant ; 1 gramme a été employé dans chaque expérience.

Cette dissolution a été ensuite soumise à l'ébullition, avec un grand excès d'acide acétique pour expulser l'hydrogène sulfuré, et réduite à siccité. Le résidu, dissous et filtré, a fourni, par le nitrate d'argent, un précipité qui a été redissous dans l'ammoniaque, et reproduit par l'acide nitrique en excès, pour en séparer quelques parties de sulfure d'argent qui s'y sont toujours trouvées.

---

(1) L'atome de soufre exigeant 2 atomes d'hydrogène pour former de l'hydrogène sulfuré, la quantité d'eau, décomposée dans ce sens, est égale à celle que le perchlorure de phosphore décomposerait dans la même circonstance.

La moyenne de six expériences a donné :

Chlorure d'argent...... 2,516.

1 gramme a été chauffé doucement dans un matras à long col avec un excès d'acide nitrique, jusqu'à disparition des vapeurs rutilantes.

La liqueur, traitée par l'eau de baryte de manière à la laisser acide, a donné un précipité de sulfate de baryte (moyenne de six expériences)........ 1,355.

L'eau acide séparée, contenant le phosphate de baryte, a été saturée, jusqu'à léger excès, par la même base. Le phosphate gélatineux produit, desséché fortement, a toujours été un peu au-dessus de la quantité calculée ; on a eu pour moyenne ......... 1,322.

Cette expérience a été variée en soumettant le chloro-phosphure à l'action de l'eau seule et de la chaleur avec les précautions convenables ; la dissolution étant parfaitement opérée, on a évaporé dans une capsule jusqu'à disparition de l'odeur d'hydrogène sulfuré ; on a filtré pour séparer le soufre ; puis une addition d'acide nitrique a été faite pour continuer l'évaporation jusqu'à expulsion entière de l'acide excédant. On a eu pour but d'avoir avec certitude de l'acide phosphorique, et de pouvoir le saturer isolément par la baryte. Le produit en phosphate de baryte a toujours coïncidé avec la quantité précédemment établie.

J'ai voulu, au moyen de la dissolution de nitrate d'argent mêlée à la dissolution de chloro-phosphure de soufre dans la potasse, séparer chaque élément combiné à l'argent. En effet, le précipité qui se forme tout-à-coup dans ce cas, contient du chlorure, du sulfure et du phos-

phate d'argent : j'ai traité ce précipité par l'ammoniaque liquide à plusieurs reprises, afin de dissoudre le chlorure et le phosphate sans toucher au sulfure tout-à-fait insoluble dans l'ammoniaque. J'ai repris ensuite par l'acide nitrique la liqueur ammoniacale filtrée où se trouvaient le chlorure et le phosphate, afin de précipiter le premier et laisser l'autre en dissolution; mais, ayant toujours obtenu plus de sulfure et moins de chlorure que les quantités données par le calcul, j'ai pensé que ce moyen n'était pas exact.

On voit, d'après l'analyse précédente, que le chlorophosphure de soufre doit être formé de 3 at. chlore, 1 at. phosphore, et 1 at. soufre; puisqu'un gramme employé dans chaque expérience représente :

3 at. chlore 0,625 + argent $1^{g}$,908 = chlorure 2,533
1 at. phosphore 0,184 + oxig. 0,234 = acide phosphorique 0,418 + baryte 0,896 = phosphate de baryte.............. 1,314
1 at. soufre 0,189 + oxig. 0,282 = acide sulfurique 0,471 + baryte 0,899 = sulfate de baryte.......................... 1,370.

L'action de l'hydrogène sulfuré sur le proto-chlorure de phosphore est également assez prompte. Dès qu'on introduit dans un ballon contenant de l'hydrogène sulfuré sec, du proto-chlorure de phosphore, il y a production de chaleur, et formation d'une substance solide, légèrement citrine, sans forme cristalline déterminée, qui adhère aux parois des vases; on la détache avec une tige.

Ce composé est un sulfure de phosphore; à la tempé-

rature ordinaire, il décompose l'eau dans laquelle il disparaît avec le temps : il y a formation d'hydrogène sulfuré et d'acide phosphorique. Il ne m'a pas paru assez bien caractérisé dans ses propriétés physiques, du moins tel que je l'ai obtenu, pour en faire une étude approfondie. Sa composition atomique devrait être, d'après celle du protochlorure de phosphore qui concourt à sa formation :

Atomes réagissans.

| | | |
|---|---|---|
| 3 at. hydrogène sulfuré........... | soufre... | 3 at. |
| | hydrogène | 6 at. |
| 2 at. protochlorure de phosphore... | chlore... | 6 at. |
| | phosphore. | 2 at. |

Atomes produits.

| | | |
|---|---|---|
| 6 at. acide hydrochlorique........ | chlore.... | 6 at. |
| | hydrogène. | 6 at. |
| Sulfure de phosphore............ | soufre.... | 3 at. |
| | phosphore. | 2 at. |

---

## Recherches *sur la force coërcitive des aimans et les figures magnétiques.*

Par M. de Haldat.

Les physiciens s'accordent généralement à donner le nom de *force coërcitive* à la cause qui conserve aux aimans la vertu magnétique, soit qu'ils la tiennent de la nature, ou qu'elle leur ait été communiquée par l'art. Cette puissance, inhérente à leurs molécules, qui, dans

l'hypothèse des deux fluides, s'oppose à leur recomposition quand ils sont séparés, et à leur séparation quand ils sont réunis, a paru satisfaire à tous les phénomènes tant qu'il ne s'est agi que des corps dont la masse entière était magnétique, et qui formaient des systèmes indépendans, limités par leur propre surface. Mais si l'on supposait le magnétisme développé au milieu d'une masse dont une portion distincte aurait été magnétisée, et dont les limites seraient ainsi formées par des molécules de la même nature, également susceptibles du magnétisme, quel devrait être le résultat d'une telle disposition? L'obscurité dont la force coërcitive est enveloppée ne nous donnant pas la solution de cette question, j'ai interrogé la nature pour la résoudre. Ces recherches, qui pouvaient être suggérées par des vues purement théoriques, me l'ont été par des expériences faites pour éclairer la cause du magnétisme en mouvement, imprimées dans les *Annales de Chimie et de Physique*, en novembre 1828. Persuadé que les aiguilles sont entraînées par le magnétisme développé à la surface des disques rotateurs, j'ai cherché à vérifier cette opinion en magnétisant des lames de divers métaux. Mais ces tentatives inefficaces m'ayant prouvé la possibilité de développer sur des lames d'acier des traces manifestes de magnétisme, j'ai annoncé les faits sous la dénomination générale des *figures magnétiques*. Les procédés pour les produire sont très-simples, et les phénomènes n'ont pas le brillant des figures électriques de Lichtemberg; cependant, comme elles ne sont pas indignes de l'attention des physiciens, je me suis déterminé à rassembler mes observations sur ce sujet.

La première condition pour obtenir les figures magnétiques, dépend du choix des lames sur lesquelles on doit es tracer. On tenterait en vain de le faire sur le plomb, 'étain, l'antimoine, le bismuth, le cuivre, le laiton, 'or, l'argent et le zinc. Le fer, parmi les métaux dont 'ai pu me procurer des lames d'une étendue suffisante, possède seul la vertu coërcitive à un degré suffisant, et ce n'est même encore qu'à l'état d'acier qu'il donne des figures permanentes et bien distinctes. Les lames que j'emploie ont ordinairement 2 à 3 décimètres carrés de surface et 1 à 3 millimètres d'épaisseur. L'espèce qui m'a paru préférable est la tôle d'acier destinée à la fabrication des cuirasses. Il faut qu'elles soient nettes, bien décapées et adoucies à la lime ou au grès fin. Comme leur force coërcitive est assez grande pour bien conserver les figures, je me dispense de les tremper, et j'évite ainsi l'inconvénient de les tourmenter et de les oxider. Seules, elles peuvent être employées avec succès ; celles de fer cependant ne sont pas absolument incapables de conserver quelques traces de magnétisme ; mais les figures que l'on y trace sont imparfaites et fugaces, lors même qu'on augmente la vertu coërcitive du métal en l'écrouissant fortement.

Les moyens de développer nos figures diffèrent peu des procédés ordinaires d'aimantation ; elles sont d'autant plus pures et représentent d'autant plus exactement les traces de l'aimant qui les a produites que son magnétisme est plus énergique. On peut employer des faisceaux ou de simples barreaux, mais il convient, pour obtenir plus de netteté, que les extrémités en soient un peu arrondies, afin qu'ils s'appliquent plus exactement. On

peut employer un seul barreau ou deux en même temps, et pratiquer plusieurs procédés d'aimantation quand il s'agit de figures rectilignes et simples ; mais, quand elles sont curvilignes ou complexes, on ne doit se servir que d'un seul barreau avec lequel on trace comme avec une plume les figures désirées. C'est ainsi que l'on écrit par un simple trait le nom d'une personne dont il ne reste aucune trace apparente, mais que l'on rend visible en répandant sur la lame une couche mince de limaille de fer, qui s'arrange sur les traces et rend les caractères sensibles. Il ne faut pas donner à ces caractères plus de 4 à 5 centim. de hauteur pour qu'ils soient bien distincts.

Cet arrangement de la limaille de fer sur les traces de l'aimant est digne de remarque ; c'est toujours par un vide que les figures se distinguent, c'est-à-dire que les grains de fer, d'abord répandus uniformément sur les lames, s'accumulent vers les limites du trait, en laissant à nu l'intervalle qui en marque l'épaisseur, en sorte qu'ils se trouvent rassemblés sur les lignes qui séparent les parties de la lame magnétisée de celles qui sont neutres, et que les figures offrent une ressemblance parfaite avec celles que l'on peut former à la surface des lames non magnétisables, bois, carton, verre, etc., sous lesquelles on place un aimant. La ressemblance entre ces deux sortes de figures, quand les aimans et les parties magnétisées sont de même forme, n'est pas seulement exacte dans l'ensemble, mais même dans les plus petits détails. La limaille, réunie vers les parties où le magnétisme est le plus intense, est de même arrangée en pinceaux, en rayons, et forme ces mêmes courbes

que les physiciens ont long-temps regardées comme les indices des tourbillons, des écoulemens de matière subtile dont les aimans sont environnés. Enfin, ces courbes, ces pinceaux, si semblables aux deux pôles d'un même aimant, ont encore cette similitude qui ne permet pas de distinguer les deux parties l'une de l'autre. Analogues, sous quelques rapports, aux figures électriques, elles n'ont pas comme elles la propriété si remarquable de caractériser les deux fluides par des formes spéciales qui présentent un des plus beaux phénomènes de l'électricité, et qui fournissent l'argument le plus favorable à la théorie qui les admet.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que des effets de l'*aimantation immédiate*; je nomme ainsi le développement du magnétisme à la surface des lames par l'application immédiate des aimans; mais on peut encore le produire par l'application *médiate*, c'est-à-dire, en interposant entre le barreau et les lames quelques corps solides non magnétisables, le carton, le bois, le verre et même des lames métalliques, autres que le fer. L'observation prouve que de cette interposition il ne résulte d'autres phénomènes que ceux qui dépendent de la distance entre l'aimant et le corps à magnétiser. Cette aimantation *à distance* ou *par influence*, dont plusieurs effets sont très-connus, et par le moyen de laquelle nous obtenons des figures assez distinctes, exige, pour être efficace, que le barreau soit promené par l'un de ses pôles parallèlement et à une petite distance de la lame d'acier, et puisse parcourir itérativement les mêmes traces sans changer de distance, jusqu'à ce que le magnétisme soit suffisamment développé, pour rendre sensibles des figures

ainsi tracées dans l'espace. Pour les figures rectilignes, j'emploie des règles à rainures qui rendent invariable la marche et la distance du barreau. Pour les figures curvilignes, je me contente d'interposer quelque lame mince et d'une égale épaisseur, choisie parmi les substances non magnétisables. J'ai varié la distance de cette aimantation par influence, qui ne m'a présenté d'autre différence qu'une plus ou moins grande netteté dans les figures, selon la distance plus ou moins grande du barreau.

Il n'est pas inutile de remarquer que les figures, tracées si facilement par une seule friction d'un barreau et même par le simple approche, ne peuvent s'obtenir en imposant avec pression une lame magnétisée sur un autre dans l'état neutre, ni même en appliquant un barreau fortement magnétisé. De ce fait, conforme à la théorie, on ne doit pas conclure qu'elles sont absolument impropres à communiquer le magnétisme; car j'ai, par leur moyen aimanté de petites aiguilles; mais elles semblent moins propres à le communiquer qu'à le recevoir et à le conserver. Si des considérations hypothétiques sur les analogies des fluidès électriques et magnétiques portaient le lecteur à supposer la possibilité de convertir les figures magnétiques en figures électriques, ou réciproquement, l'expérience lui en montrera l'impossibilité, comme elle me l'a prouvé dans les essais nombreux que j'ai faits à cet égard.

La limaille de fer, répandue en couche mince au moyen d'un petit crible de métal, et arrangée par l'attraction magnétique aidée de quelques oscillations, est, avons-nous dit, le moyen de rendre apparentes nos

figures magnétiques. On produit ces oscillations en frappant vers les bords de la lame avec l'anneau d'une petite clef; mais il faut éviter les chocs qui produiraient des vibrations régulières, et qui pourraient en imposer sur la cause des figures, à moins qu'on ne veuille les combiner avec les figures de Chladni, comme je l'ai fait quelquefois pour varier les phénomènes et exciter la surprise. En opérant avec précaution, on peut combiner les deux sortes de figures, et obtenir des phénomènes aussi variés que curieux. Le succès est d'autant plus complet que le magnétisme de la lame est plus énergique; les phénomènes d'autant plus frappans qu'on rend les figures magnétiques plus simples, et qu'on développe par les vibrations sonores des figures plus compliquées. Ceci n'est, au reste, qu'un objet de pure curiosité, on peut même dire d'amusement.

D'après le mode employé pour tracer les figures magnétiques au moyen d'une légère et unique friction, ou même par l'approche d'un barreau, il semblerait que le magnétisme doit être aussi fugace qu'il est peu énergique : il est cependant beaucoup plus permanent qu'on ne serait porté à le croire. J'ai retrouvé très-apparentes, après six mois écoulés, des figures tracées par un petit nombre de frictions; et, lorsque l'expérience nous montre que des barreaux très-puissans s'affaiblissent promptement si leur état n'est maintenu par des armatures et autres moyens analogues, ceux-ci, quoique très-faibles, se conservent assez long-temps sans aucune de ces précautions. Le magnétisme finirait sans doute par s'éteindre totalement; mais il y a lieu de croire qu'il durerait long-temps. Je ne puis, au reste, rien

préciser à cet égard, la multiplicité de mes expériences m'ayant forcé de changer fréquemment l'état de mes lames, et de les ramener à l'état neutre.

Cette permanence des figures magnétiques oblige l'expérimentateur à faire disparaître les dernières pour en tracer de nouvelles. On y parvient facilement en élevant leur température ; mais, tandis que pour les barreaux trempés dur et fortement magnétisés il est nécessaire d'élever leur température jusqu'au rouge obscur, il suffit de faire recuire nos lames sur le charbon rouge, jusqu'à la température qui donne le jaune-paille. Je ne me suis pas aperçu qu'elle se soit notablement affaiblies en les tenant pendant une heure dans l'eau bouillante. Ce moyen de faire disparaître les figures est le plus efficace ; mais il a l'inconvénient d'oxider la surface des lames, et de nécessiter un repolissage pénible à chaque changement. Je remédie à l'oxidation en les étamant ; ce qui n'altère en rien leurs propriétés magnétiques, les préserve de la rouille et leur communique un éclat qui fait valoir les figures. Dans cet état, lorsqu'on veut les faire disparaître, on chauffe, et la fusion de l'étain indique la température qui détermine la recomposition du fluide ; mais alors, comme l'enduit métallique s'oxide, on doit lui rendre son éclat en le frottant avec un peu d'huile, mêlée de muriate d'ammoniaque, au moyen d'une poignée d'étoupe, après avoir répandu sur la surface des lames une petite quantité de limaille d'étain. J'ai inutilement essayé de détruire les figures magnétiques par l'action du pôle opposé à celui avec lequel les figures avaient été tracées ; ce qui offre encore une différence notable entre le magnétisme partiel de nos

ames et celui des aimans magnétiques dans toute leur :tendue.

L'élévation de température et l'aimantation inverse j'entends par là la communication du magnétisme par un ›ôle opposé à celui d'abord employé) ont été jusqu'alors es seuls procédés usités pour rétablir les aimans artiiciels dans l'état neutre. J'en ai employé un autre qui ›eut-être jettera, dans la suite, quelque lumière sur la :ause immédiate de la force coërcitive. Il consiste à exciter dans les lames des vibrations réitérées et violentes. ?our cela, on place la lame, d'abord magnétisée, sur ın madrier, et on la frappe à coups précipités avec un ›etit maillet de bois, de manière à lui communiquer le violentes oscillations. Par cette manœuvre, en deux ninutes et souvent moins, les figures s'affaiblissent, perlent leur régularité, et enfin disparaissent complètement ;i on continue à les frapper de la même manière pendant ıne durée que je n'ai jamais vue excéder 3 à 4 minutes. Je ne suis assuré que les vibrations capables de produire les sons, comme on le fait dans les expériences de Chlalni, sont inefficaces pour recomposer le fluide dont les leux élémens isolés par l'aimantation, selon l'opinion a plus générale, semblent, dans nos expériences, se éparer des molécules de l'acier par les secousses réitéées, et se porter l'une vers l'autre en vertu de leur tenlance mutuelle.

Ces expériences m'ont suggéré d'autres recherches sur es moyens d'imprimer le magnétisme au fer, ou de le endre à son état naturel quand il l'a reçu. On connaît e pouvoir du frottement pour le faire naître; mais jus|u'alors on a pensé qu'il n'était efficace que quand il

était exercé par le fer, soit magnétisé, soit dans l'état neutre. Mais je me suis assuré que tous les corps durs pouvaient, au moyen du frottement, aider à la décomposition du fluide magnétique si on favorisait leur action par l'influence combinée d'aimans, seuls incapables de la produire. Pour répéter l'expérience qui constate ce fait, il faut n'employer que le fer doux, c'est-à-dire, dans l'état où il reçoit le plus facilement le magnétisme. On peut se servir de fils de fer non recuits, d'un décimètre de long, et d'un millimètre de diamètre. Les fils placés horizontalement entre deux barreaux opposés par leurs pôles, et à une distance telle qu'ils ne puissent être magnétisés, prennent des pôles dès qu'on les frotte itérativement avec quelques corps durs dans la direction des barreaux. On s'assure que les fils ne reçoivent la vertu magnétique que par l'influence du frottement, aidée de l'action des barreaux, en plaçant les fils à magnétiser à une assez grande distance des aimans, pour que seuls ils ne puissent opérer la décomposition du fluide et leur donner des pôles. On peut employer indifféremment tous les corps durs : le laiton, le cuivre, le zinc, le verre, et même le bois dur, ont fait naître des pôles bien distincts, que j'ai retournés itérativement en les situant dans une position inverse, et qui toujours ont été opposés à ceux des aimans qu'on peut considérer ici comme les causes efficientes de l'aimantation dont le frottement était la cause occasionelle. L'ingénieux et utile procédé de M. Gay-Lussac, pour communiquer au fer doux le magnétisme par la torsion, m'a servi à neutraliser des fils de fer auparavant magnétisés et pourvus de pôles : si, dans cet état, on les tord, ils conservent le magnétisme qu'ils avaient

avant la torsion ; mais si, après les avoir ainsi tordus, on les tord en sens contraire, ils redeviendront parfaitement neutres.

D'après ces expériences, que devons-nous penser de la cause des phénomènes magnétiques, de l'agent magnétique et de la force coërcitive? La séparation des élémens de ce fluide, qui, selon l'opinion la plus générale, constitue l'état magnétique, est favorisée par le mouvement communiqué aux molécules, par le frottement, la torsion, et même les vibrations que j'ai employées avec succès. La recomposition du fluide magnétique est de même favorisée par les vibrations violentes et la torsion en sens inverse. Cependant la condensation d'une aiguille magnétisée ne la neutralise pas, comme je m'en suis assuré, en écrouissant fortement des fils de fer et d'acier auparavant pourvus de pôles. Il semble donc que l'état magnétique soit produit par toutes les causes qui changent l'arrangement des molécules, lorsque les corps ainsi modifiés sont en même temps soumis à l'influence d'aimans, assez puissans pour fixer les deux fluides ébranlés, pour ainsi dire, par les causes qui changent l'état des molécules. C'est ainsi que, dans le procédé de M. Gay-Lussac, l'action de la terre est la cause efficiente de la décomposition du fluide favorisé par le mouvement des molécules agitées par la torsion. Cependant, comme les mêmes agitations des molécules, les vibrations, la torsion inverse, favorisent la recomposition du fluide ou la réunion de ses deux élémens, on doit demander comment ces effets opposés peuvent être produits par la même cause. Il est surtout assez extraordinaire que la torsion et la condensation qui impriment aux molécules des mouvemens évi-

dens, soient insuffisantes pour opérer la recomposition des fluides, qui cependant peut être produite par le simple frémissement des molécules, vu que l'un de ces procédés suppose un déplacement complet et permanent, et l'autre un déplacement seulement momentané, n'est enfin que de simples oscillations.

Le magnétisme partiel des lames sur lesquels nous traçons nos figures fournit encore matière à d'autres réflexions. Comme ces figures, qui ne sont que des aimans de formes variées, sont de toute part entourées d'une substance susceptible d'acquérir le magnétisme qui peut se développer par communication, on doit s'étonner que ce moyen de communication entre les pôles opposés des aimans ne les ramène pas promptement à l'état neutre. Cependant il n'en est pas ainsi; la portion du métal qui environne la figure magnétique, ne remplit que le rôle des armatures, et le magnétisme se maintient. Si la figure est un simple parallélogramme allongé représentant un barreau de même dimension, l'état de la lame explorée par le moyen de petites aiguilles suspendues à de simples fils de cocons, présente les mêmes phénomènes que le barreau représenté; et les parties qui entourent cette portion magnétique sont dans un état neutre, comme si elles n'avaient avec elle qu'un rapport de voisinage, d'où il résulte que la vertu magnétique qui se communique si facilement par influence, cesse de se communiquer entre les parties continues d'un corps magnétisable, dont une portion est magnétique et les autres dans l'état neutre. C'est ainsi que des aiguilles de fer ou d'acier de trois décimètres de longueur, magnétisées dans leur tiers moyen, conservent leur état sans que le

magnétisme des deux pôles se propage aux deux extrémités neutres.

Nancy, 1er juillet 1829.

---

LETTRE *de M.* Parrot *à MM. les Rédacteurs des* Annales de Chimie et de Physique, *sur les phénomènes de la pile voltaïque.*

MESSIEURS,

J'ai lu dans vos excellentes *Annales*, avec un intérêt extrême, l'extrait que vous avez donné à vos lecteurs du Mémoire de M. de La Rive intitulé : *Recherches sur les causes de l'électricité voltaïque.* Votre assentiment aux conclusions que ce physicien distingué tire de ses expériences va être le signal auquel l'Europe savante se ralliera pour admettre que, dans la pile voltaïque, il n'existe point d'électricité de contact, et que l'électricité qui se développe dans cet appareil est uniquement due à l'action chimique des substances dont il est composé. Ce triomphe de la théorie chimique de l'électricité doit m'intéresser plus vivement que tout autre physicien, puisque j'ose dire, sans vouloir le moins du monde diminuer le mérite de M. de La Rive, que c'est moi qui ai créé cette théorie, et l'ai soutenue sans relâche depuis l'année 1801 jusqu'à aujourd'hui.

Permettez-moi, non-seulement de faire valoir mes droits légitimes à cette théorie, qui fera naître un autre ordre de choses, un nouveau langage même dans la

chimie, mais aussi d'ajouter ce qu'elle contient en sus de ce que fournissent les expériences et les raisonnemens de MM. de La Rive et Nobili, mes travaux sur cet important objet n'étant apparemment pas connus en France, et veuillez insérer cette lettre dans vos *Annales*, soit pour me rendre justice, soit pour donner occasion aux physiciens de constater, par de nouvelles expériences, les sujets que M. de La Rive n'a pas encore traités.

Dès que la découverte de la pile de Volta eut retenti jusqu'à Riga, où je me trouvais alors, je m'occupai avec zèle, dans ce coin de l'Europe, de recherches sur cet important objet, et, après de nombreuses expériences, je fus en état de rédiger la théorie de la pile en septembre 1801; la publication fut retardée par ma nomination à la chaire physique de Dorpat. Peu après mon arrivée dans cette ville, je lus la question de prix sur la pile de Volta, proposée par la Société batave des sciences de Harlem. Je me mis sur les rangs en envoyant mes travaux. Mon Mémoire fut couronné, et j'eus l'honneur d'être nommé quelque temps après *membre* de cette illustre Société. Considérant ensuite que, comme les Mémoires des Sociétés savantes ne paraissent ordinairement que tard, mes idées pourraient devenir surannées, je publiai, dans les *Annales allemandes de physique*, t. XII, p. 49, un extrait de mon Mémoire de concours dans une lettre adressée au rédacteur M. Gilbert, en date du commencement de mars 1802.

Ce fut en novembre 1801 que Volta répéta ses expériences à Paris, et y dévoila en entier la théorie qu'il avait déjà indiquée (à ce que j'appris depuis) dans quel-

s lettres particulières. Dès cette époque, tous les siciens se déclarèrent avec un zèle ardent pour cette othèse. En Allemagne, il se forma une espèce de pagande pour la répandre, dont Mr C. H. Pfaff se ıma publiquement l'apôtre. La théorie chimique de ile fut éclipsée, et en France M. Biot lui fit à peine nneur de l'attaquer par son expérience faite à la ınce de torsion. Le seul H. Davy parut (si je ne me npe) en 1803, incliner un moment, de même que Wollaston, pour cette théorie, mais l'abandonna uite. De temps en temps on l'attaquait en Allemagne, tout à l'apparition de la pile soi-disant sèche de nboni, que je prouvai n'avoir été sèche dans aucune expériences que l'on avait faites jusqu'alors, car, squ'on la sèche véritablement, elle ne donne aucun ıe d'électricité (1). C'est ainsi qu'un grand nom, tement révéré, a fasciné pendant vingt-sept ans l'Eu-e entière. Je fus peut-être le seul qui ne se laissa pas anler un moment, non par opiniâtreté, mais parce

---

1) On se permettait tout contre ma théorie, sans examen, M. Pfaff, en me reprochant de n'avoir pas adopté, dans n cours de physique, la théorie de Volta, osa dire que, 'avais répété une seule fois l'expérience avec le conden-eur à plaques hétérogènes, je n'adhérerais plus à ma théo-; tandis que le même ouvrage, qu'il regarde comme défec-ux à cet égard, contient, p. 553 et 554, vingt expériences es par moi avec cette espèce de condensateur. On faisait he de tout bois contre le physicien qui avait osé dire que expériences de Volta n'étaient pas justes et que sa théorie it erronée.

que toutes les nouvelles expériences des physiciens et de moi, raffermissaient mon opinion, et étaient des preuves contre celles de Volta.

Mais était-ce la peine, dira-t-on peut-être, de soutenir si long-temps une lutte si inégale? Assurément! car, outre qu'il ne faut jamais abandonner la cause de la vérité, je voyais de nouvelles erreurs naître de l'hypothèse voltaïque, s'affermir de jour en jour, et empiéter sur le domaine des branches les plus importantes des sciences naturelles.

D'abord, l'électricité de contact dérivait d'une qualité occulte, dont l'existence était démentie par tous les autres phénomènes électriques, et l'explication de la marche des deux ε dans la pile, quelque insuffisante qu'elle fût, supposait au liquide une seconde qualité occulte, en vertu de laquelle il était et n'était pas en même temps un conducteur électrique.

La chimie n'existait plus; un des plus grands chimistes de notre temps en avait fait un appendice de l'électricité, séduit par les conséquences tirées de l'hypothèse de Volta, qui partageaient tous les corps en positifs et négatifs. Sir H. Davy, enhardi par ces idées banales, alla jusqu'à conclure, d'une suite d'ailleurs très-intéressante d'expériences, que l'électricité pouvait anéantir les forces chimiques des corps. Aujourd'hui la chimie renaît de ses cendres; l'Europe va reconnaître que, loin d'être un rejeton subordonné de l'électricité, c'est elle qui produit les phénomènes électriques, et le langage, introduit par ces fausses idées, tombera.

La théorie des météores aqueux et celle de la foudre sont aujourd'hui intimement liées l'une à l'autre. La

foudre sera, ainsi que je l'ai enseigné, le résultat des changemens chimiques et physiques qui ont lieu dans l'atmosphère, et l'électricité n'agira plus, ici comme ailleurs, qu'en qualité d'agent chimique.

La brillante découverte d'Œrsted et les travaux de MM. Arago et Ampère nous ont appris que les phénomènes magnétiques sont engendrés par l'électricité, et sont par conséquent petits-fils de la chimie. Les variations périodiques et régulières de l'aiguille aimantée et l'influence des aurores boréales sur cette aiguille l'indiquaient depuis long-temps. Mais la vue était fascinée. Nous ne chercherons donc plus aujourd'hui le magnétisme de notre terre dans un ou plusieurs aimans, fixes ou mobiles, près du centre du globe, créés immédiatement par la volonté divine, ou plutôt par l'imagination des partisans de ces hypothèses. Les géomètres ne prodigueront plus leurs calculs à la recherche d'une loi imaginaire des variations magnétiques dans le temps et l'espace. Un coup-d'œil sur la carte magnétique de M. Yeates, qui, bien que depuis que le capitaine Flinders nous a révélé les aberrations de l'aiguille sur les vaisseaux, doive être considérée comme affectée de nombre d'erreurs de quelques degrés, suffisait néanmoins à prouver qu'il n'existe aucune loi mathématique dans ces variations. Mais le 19<sup>me</sup> siècle paraît trouver plaisir à fonder d'immenses calculs sur des idées creuses. La source du magnétisme terrestre étant dès aujourd'hui reconnue comme chimique, nous la trouverons, comme je l'ai annoncé depuis dans mon ouvrage allemand *Physik der Erde*, p. 527, et développée un peu davan-

tage dans mes *Entretiens sur la physique*, pag. 266 e suiv.; dans les grands travaux souterrains de la chimie; dans ces opérations terribles qui animent les volcans et font trembler la croûte du globe d'un bout d'une hémisphère à l'autre. Ces procès souterrains et les matières qui les nourrissent, disséminés irrégulièrement, forment autant d'aimans dont les pôles, en se réunissant, produisent un ou plusieurs aimans qui pénètrent la surface entière du globe, comme, dans un petit aimant naturel, chaque parcelle a ses pôles à elle, dont la réunion forme deux ou plusieurs aimans dans la masse entière. A l'espérance déçue de trouver une loi qui n'existe pas, succédera l'espérance fondée de trouver, dans les variations quadruples de l'aiguille aimantée, des indices de changemens qui s'opèrent dans le grand procès volcanique, et des milliers d'observations faites pendant un siècle ne seront pas perdues. Cette aiguille, télescope magique qui offre à la vue du navigateur, à des distances immenses et malgré la courbure de la terre, les lieux sur lesquels son vaisseau se dirige, deviendra un télescope d'un nouveau genre qui percera l'écorce terrestre, pour offrir au physicien l'aspect des changemens du procès volcanique qui suit à pas lents et tortueux la file des substances souterraines dont il se nourrit. Peut-être que de bonnes observations de l'aiguille aimantée eussent fait prévoir la catastrophe qui vient de dévaster le littoral de Valence et de Murcie. Mais retournons à la théorie de la pile voltaïque.

Mon Mémoire de concours, et l'extrait que j'en ai publié dans les *Annales de Gilbert*, t. XII, p. 49, con-

tiennent déjà les théorèmes suivans (1), fondés sur mes expériences; naguère M. de La Rive en a démontré une grande partie pour la seconde fois.

1) La différence principale entre l'électricité de frottement et celle de la pile dérivent du mode d'excitation des agens électriques.

2) La translation des agens électriques d'un bout de la pile à l'autre ne se fait pas sans une très-grande perte; et il existe pour la pile une intensité de tension électrique qui ne peut être dépassée par aucun nombre de couples.

3) Quant à la grandeur de la surface des plaques, elle augmente toujours l'effet, et un seul couple de 5 à 6 pieds de diamètre fournira peut-être plus d'ε que la grande machine électrique du musée Teylérien.

4) Une suite de métaux hétérogènes (de substances quelconques), qui se touchent, diminue la force conductrice des métaux au point qu'elle peut isoler de petits degrés d'ε, tandis qu'une suite de métaux homogènes est encore un bon conducteur pour ces mêmes degrés. On trouve, dans mon *Cours de physique allemand* et dans mes *Entretiens*, ce même théorème, qu'une suite de substances hétérogènes diminue la force conductrice, prouvée dans la propagation du son, de la chaleur et de la lumière. Nombre de physiciens ont employé ce théorème sans jamais me nommer comme son auteur.

5) L'oxidation des plaques de la pile est la cause et non l'effet des phénomènes électriques de la pile. Au

---

(1) Je ne cite que les plus importans, pour ne pas donner trop d'étendue à cette lettre.

reste, j'observai déjà alors (en 1801) que l'oxidation n'est ici que le représentant d'un phénomène plus général, celui du changement de forme.

6) L'effet de la pile dépend, non du degré d'oxidabilité absolue des métaux (d'exiger plus ou moins d'oxigène pour s'oxider), mais de la rapidité avec laquelle l'oxidation a lieu.

7) La marche des deux $\varepsilon$ d'un bout de la pile à l'autre ne se fait pas par voie de communication, mais par voie de distribution d'un couple à l'autre.

8) Lorsqu'on oxide un métal au moyen d'un fluide, il en résulte la double électricité : $-\varepsilon$ paraît sur le métal, $+\varepsilon$ dans le fluide.

9) Lorsqu'un métal s'oxide par un fluide, il se forme à chaque instant à sa surface une couche infiniment mince d'oxide, qui possède pour le moment la chaleur rouge, et sert par là d'isolateur pour les deux $\varepsilon$ produites par l'oxidation. Le moment d'après, cette couche se mouille et devient par là conducteur. J'ai conclu ces hauts degrés de chaleur de l'oxide naissant, de l'idée que je me suis faite de la nature des substances oxidantes, qui, selon moi, ne sont autre chose que des magasins de calorique combiné (1).

---

(1) Je distingue trois états du calorique, le *calorique libre*, qui n'est autre chose que le calorique rayonnant ; le *calorique latent*, celui qui, uni au corps par l'affinité physique, produit la température et se dégage dans les milieux de moindre température ; le *calorique combiné*, qui, indépendant de la température des milieux, est uni aux corps par l'affinité chimique, et n'en est dégagé que par la décompo-

C'est sur ces données que je construisis déjà, en septembre 1801, le procès électrique de la pile dans tous ses détails, et en distinguant soigneusement deux cas, celui où un seul des deux métaux est sujet à oxidation, et celui où les deux métaux s'oxident. On peut en voir l'extrait dans les *Annales de Gilbert*, t. XII, p. 55, et, plus en détail, dans mon *Cours de physique allemand,* déjà cité, t. II, p. 569 et suiv.

J'ajoutai à cette théorie de la pile celle de la décomposition de l'eau par l'électricité. Mes expériences se dirigèrent d'abord sur l'examen chimique de l'eau qui avait été exposée à la décomposition, en plaçant dans des tubes à part deux portions d'eau, et en faisant agir le pôle positif sur l'une et le pôle négatif sur l'autre, après avoir fait la jonction des deux eaux par un faisceau de fils; le résultat fut que ces deux eaux étaient de nature différente. Au reste, j'avoue volontiers aujourd'hui, dans l'état actuel de nos connaissances, que ces expériences ne me paraissent plus assez concluantes, et il serait à souhaiter que, vu les progrès que la chimie a faits depuis vingt-sept ans, un chimiste habile entreprît de nouveau cette recherche. Au reste, elle n'est pas indispensable, ma théorie de la décomposition de l'eau ne roulant que sur deux conséquences incontestables

---

sition de ces corps. Le gaz oxigène et les acides sont les seules substances qui contiennent du calorique combiné, et je ne reconnais pour acides que les substances qui contiennent du calorique à cet état. Mais comprendra-t-on ceci? En France, l'on paraît ne pas connaître la distinction que j'ai établie entre les deux espèces d'affinités!



des phénomènes. Voici cette théorie telle que je l'exposai alors :

1er *Phénomène*. A la partie positive, il se dégage du gaz oxigène; à la négative, du gaz hydrogène.

2me *Phénomène*. Chacune des ε est accumulée sur sa pointe comme dans les conducteurs ordinaires, par la résistance que le milieu offre à son passage.

1re *Conséquence*. La substance électrique positive dégage de l'oxigène de l'eau, et la négative dégage de l'hydrogène. La première a donc le pouvoir de donner à l'oxigène liquide la forme de gaz, et la seconde à l'hydrogène.

2me *Conséquence*. La portion d'eau qui a perdu son hydrogène abandonne son oxigène liquide au reste de l'eau qui s'en empare, et devient *eau suroxigénée*. Celle qui a perdu son oxigène abandonne au reste de l'eau son hydrogène liquide, qui s'en empare et devient *eau surhydrogénée*. Le contact, immédiat ou par le canal du faisceau de fils, mêle petit à petit ces deux eaux et refait de l'eau ordinaire. Voilà ce qui rend l'analyse des deux eaux difficiles.

On n'a point admis cette théorie, sur la croyance que l'hydrogène et l'oxigène seuls ne peuvent se combiner que dans une seule proportion. Mais, en 1818, M. Thenard nous a appris à faire chimiquement de l'eau suroxigénée. Pourquoi ce célèbre chimiste n'a-t-il pas cherché à faire de l'eau surhydrogénée? Ce travail serait digne de lui; il serait même peut-être plus facile que le premier. N'arriverait-on pas au but en décomposant l'eau par le manganèse dans un vase scellé hermétiquement, afin que le gaz hydrogène dégagé presse enfin



le liquide avec une telle force que l'hydrogène, qui veut continuer à se dégager, ne puisse acquérir la forme gazeuse, et soit forcé de s'unir à l'eau par affinité chimique, comme l'oxigène l'est dans l'eau suroxigénée ?

Nos deux conséquences découlent si nécessairement des faits, que ceux qui ont voulu expliquer le phénomène autrement ont dû, comme M. Richter, supposer que $+\varepsilon$ transporte avec une célérité infinie l'hydrogène vers la pointe négative et *vice versâ*, pour recomposer l'eau entre les deux pointes. Mais, outre qu'il serait plus naturel que $+\varepsilon$ et $-\varepsilon$ ne fissent rien du tout que se réunir paisiblement, au lieu de faire et défaire elles-mêmes leur ouvrage par le même acte, peut-on concevoir que la même $+\varepsilon$, par exemple, qui a donné à l'oxigène la forme gazeuse, puisse en outre transporter l'hydrogène ? La chimie entière ne nous offre aucun exemple d'une pareille fonction double. Si l'on objecte que $+\varepsilon$ ne dégage pas l'oxigène immédiatement, mais seulement médiatement en transportant l'hydrogène ailleurs, alors l'oxigène liquide devrait tirer de l'eau le calorique dont il a besoin pour se former en gaz, et par conséquent refroidir l'eau. Mais il arrive le contraire. J'avais déjà consigné, dans mon Mémoire de concours, une suite d'expériences qui prouvent que pendant l'action de la pile il y a augmentation de température des deux côtés.

Si nous considérons notre théorie de la décomposition de l'eau relativement à la décomposition des acides, des alcalis et des sels, et aux réductions métalliques, elle nous fournit quatre substances différentes, comme réagens chimiques, pour ces décompositions. Du côté

positif, nous avons l'oxigène au moment où il quitte l'hydrogène de l'eau pour prendre la forme élastique (ce que, en d'autres cas, on a nommé depuis *gaz naissant*) et l'eau surhydrogénée. Du côté négatif, nous avons le gaz hydrogène naissant et l'eau suroxigénée. Les explications sont si faciles qu'il est inutile d'en grossir le volume de cette lettre. Au lieu de ces explications chimiques, on a supposé jusqu'ici aux bases une affection particulière pour l'électricité négative, et aux substances acidifiantes et acidifiées la même affection pour l'électricité positive, d'où est née l'hypothèse de corps essentiellement positifs et d'autres essentiellement négatifs, plus ou moins, et capables de se gérer l'un vis-à-vis de l'autre comme le contraire de ce qu'ils sont : idée qui répugne aux premiers principes d'électricité, qui nous disent que, lorsqu'on met en contact deux corps, dont l'un a 10 degrés de $+e$, et l'autre 5 degrés de $+e$; ces deux portions de $+e$ ne se neutralisent pas, mais se partagent, sans aucun changement de leur nature, sur les deux corps, jusqu'à établir égalité de tension. Cette même erreur a fait admettre des substances chimiques qui jouent le rôle, tantôt de bases, tantôt de matières acidifiantes. L'on croyait ne pouvoir tirer trop de conséquences de ce principe fécond.

Tel est en substance (à l'exception de ces deux dernières observations, que j'ai faites plus tard) le contenu de mon Mémoire de concours, de mon premier travail sur l'électricité voltaïque. Il ne me reste plus à parler que de ce que j'ai fait ensuite relativement à l'hypothèse de Volta.

J'ai répété les expériences sur lesquelles cet illustre

physicien l'avait basée. Elles se réduisent proprement à deux, qui peuvent représenter toutes les autres. L'une est celle de deux plaques hétérogènes, égales et ovales (cuivre et zinc), fixées l'une à l'autre et se dépassant mutuellement, de sorte qu'on puisse en saisir l'une sans toucher l'autre, avec laquelle on touche un condensateur. Nombre de physiciens ont obtenu les résultats annoncés par Volta. Quelques autres n'osaient avouer que l'expérience ne leur réussissait pas. M. Haüy a déclaré qu'elle ne réussissait que lorsqu'on touchait le condensateur avec le cuivre, et pensait que, même dans l'hypothèse de Volta, le revers de l'expérience ne pouvait pas produire ε. Moi, je n'ai jamais obtenu d'électricité dans l'un et l'autre cas, parce que j'ai une main sèche, et que j'évitais autant que possible tout frottement. M. de La Rive semble rejeter cette dernière cause de l'électricité qui a apparu à Volta. Mais mes expériences, confirmées par celles que M. Becquerel a faites récemment, m'ont prouvé qu'un très-petit frottement sur le condensateur produit une faible tension électrique.

La seconde expérience consiste à mettre en contact plat une plaque de zinc et une de cuivre (toutes deux bien ajustées l'une à l'autre et polies), de sorte que l'une soit en communication avec la terre, et l'autre munie d'un manche isolatoire. On les sépare, et j'ai obtenu, comme Volta, des degrés très-marqués d'ε au condensateur, en enlevant l'une des deux plaques. Mais cette ε s'explique par le frottement inséparable d'un pareil mouvement, et peut-être aussi par la dilatation subite de la couche très-mince d'air qui se trouve entre

deux, et ne peut par conséquent pas faire preuve en faveur de l'électricité de contact.

Mais je ne me contentai pas d'avoir prouvé par là que cette hypothèse n'était nullement démontrée ; le doute eût encore été possible. Il fallait avoir une expérience décisive, un *experimentum crucis*, qui ne laissât aucun doute. Je pris une plaque de cuivre et une de zinc, toutes deux bien unies et polies ; je les plaçai l'une sur l'autre, l'inférieure communiquant à la terre, et, après leur avoir enlevé l'ε que cette apposition aurait pu exciter par frottement, je mis la supérieure en contact avec la verge d'un double condensateur, de sorte que, en établissant le contact, aucun frottement n'ait lieu. Dans la manipulation de ce double condensateur, tout frottement, qui eût pu exciter une ε équivoque, était parfaitement éliminé. Le résultat fut, même en employant le bâtón mobile, que jamais le contact des deux métaux ne produisit le moindre signe d'ε (1).

Je commençai par comparer entre elles les expériences de plusieurs physiciens très-distingués sur la pile voltaïque, relativement à l'effet des différens liquides, à l'effet de différens gaz dans lesquels une pile chargée d'eau dis-

(1) En calculant l'effet du petit condensateur, non selon la loi du carré des distances, mais selon celle des distances simples (je regarde la dernière comme la vraie pour les électromètres à pendule), le coëfficient de condensation est 20 ; et, en combinant le grand condenseteur avec le petit, ce coëfficient est 500, et peut aller jusqu'à 1000, si l'on rapproche les deux plaques du petit condensateur jusqu'à $\frac{1}{20}$ ligne. Or, comme je puis observer avec cet instrument jusqu'à $\frac{1}{10}$ de

tillée était plongée, et à l'effet de différens métaux. J'en tirai la conclusion générale, que l'effet électrique augmente et diminue avec le degré d'oxidabilité de celui des deux métaux qui s'oxide le plus rapidement, expliquant chacun de ces phénomènes à part dans ce principe, pag. 545 et suiv. du *Cours de physique allemand.*

On avait déjà des expériences sur l'ε qui se développe par quelques opérations chimiques; j'en ajoutai onze nouvelles sur les inflammations de différentes substances et sur l'oxidation des métaux par les acides. Mon double conducteur me donna constamment (sans l'usage du bâton mobile) des signes non équivoques d'électricité positive et négative, selon la nature du procès, p. 560 et suiv.

Guidé par ces prémices, je fis l'*experimentum crucis* qui devait décider si le procès chimique est réellement la source de l'électricité de la pile ou non. J'employai pour cela mon condensateur double sans le bâton mobile, p. 563. Les expériences furent faites avec une plaque de zinc et de l'acide nitrique avec 5 parties d'eau, avec une plaque de cuivre et le même acide, et en mettant tantôt le fluide et tantôt le métal en jonction avec le condensateur, tandis que l'autre communiquait avec

degré, l'instrument entier rend encore sensible une ε qui n'aurait que $\frac{1}{5000}$ ou $\frac{1}{10000}$ degré de l'électromètre à feuilles d'or. En employant le bâton mobile et calculant toujours suivant la même loi, le coëfficient de condensation peut devenir vingt fois plus grand, ou indiquer $\frac{1}{100000}$ ou $\frac{1}{200000}$ degré d'ε. La description de cet instrument se trouve dans mes *Entretiens sur la physique*, t. v, p. 86-90.

la terre. Ces quatre expériences, répétées très-souvent et avec d'autres liquides oxidans, prouvèrent que l'*oxidation produit les deux ε, la positive dans le liquide et la négative sur le métal*. Ces expériences n'ont point réussi à M. de La Rive, parce qu'il ne se servait que du condensateur simple. Celles de l'électricité sous forme de courant lui ont réussi, parce que le galvanomètre multiplicateur est encore plus sensible que le condensateur double. Je répétai ces quatre expériences, en isolant le métal ou le liquide qui auparavant était en communication avec la terre; le condensateur ne donna aucun signe d'ε. L'eau distillée, mise à la place de l'acide, donna également des signes d'ε, mais moindres que l'acide.

Je mis une plaque de zinc sur une de cuivre et *vice versâ*, et couvris la supérieure d'acide; le résultat fut le même que lorsque je n'avais pas la seconde plaque. Je mis l'acide entre les deux plaques : l'oxidation eut lieu sur l'une et l'autre, et + ε se manifesta sur le cuivre, — ε sur le zinc. L'effet fut moindre que lorsque je n'employais que le zinc. Ces expériences prouvèrent que *le vrai élément de la pile n'est pas métal et métal, mais métal et liquide oxidant*, et que la marche des ε, lorsque les deux métaux s'oxident, est la même que celle que produit à lui seul le métal qui s'oxide le plus facilement.

Muni de ces données incontestables, j'analysai le problème de la pile, distinguant soigneusement la séparation des deux ε à leur naissance, et la marche de l'une et l'autre en sens contraires d'élément à élément, de même que le cas où un seul métal s'oxide, de celui où

les deux sont attaqués. J'explique la séparation des deux ε à leur naissance et la grande perte d'ε qui a lieu dans la pile (1), comme M. de La Rive l'a fait nouvellement, par la couche d'oxide qui se forme à chaque instant à l'état de sécheresse parfaite (chaleur rouge selon moi) et se mouille dans l'instant. Cette opération se fait par le principe de distribution, la couche d'oxide sec faisant l'office d'isolateur. Le même principe m'offre une solution complète et satisfaisante de la marche des deux ε le long de la pile (2).

Enfin, je réfute, p. 567, les conclusions que M. Biot avait tirées de son expérience avec la balance de torsion contre la théorie chimique.

D'après ce que je viens d'exposer, j'espère que l'on me permettra de dire que je suis l'auteur de la théorie chimique de l'électricité, et que, dès 1811, c'est-à-dire, depuis dix-sept ans, cette théorie était au moins aussi complète et aussi parfaitement démontrée qu'elle l'est par les travaux de M. de La Rive. Au reste, je suis bien éloigné de refuser à un savant aussi célèbre la reconnaissance que je lui dois; en augmentant par son travail sa réputation d'ailleurs si bien méritée, il a travaillé en même temps pour la mienne; car je m'étais enfin fati-

---

(1) Il se fait encore une perte immense d'ε dans la pile par l'évaporation du fluide, comme je l'ai prouvé dans mon Mémoire *sur la pile de Zamboni*. (*Ann. der physik von Gilbert*, t. LV.)

(2) J'ignore si M. de La Rive s'accorde en tout point avec moi dans la solution de ce dernier problème, l'extrait de son Mémoire n'étant pas suffisant pour m'instruire là-dessus.

gué devoir que, malgré toutes les preuves que je fournissais, malgré l'accord parfait des explications avec les principes et les faits, et malgré les grandes vues que cette théorie ouvrait dans plusieurs champs de la physique et de la chimie, elle ne gagnait pas de terrain, et que les objections ne cessaient pas de se renouveler. Celle qu'on tira de la pile de Zamboni me parut la plus sérieuse et fut la dernière que je daignai réfuter en 1817 dans les Annales de Gilbert, tom. LV, pag. 165, où je prouvai :

1) Qu'une pile de ce genre, exposée au soleil ou à la chaleur rayonnante d'un poêle, n'est pas une pile sèche dans le sens chimique, mais tout au plus dans celui d'une blanchisseuse; car, lorsque j'eus enfermé une pile de Zamboni dans un espace fermé où je séchai l'air au moyen de la chaux à l'état caustique, l'électromètre à feuilles d'or et même le condensateur simple n'indiquèrent aucune trace d'ε, dès que mon hygromètre à soie fut parvenu à 22 degrés, quoique j'eusse laissé agir la pile sur le condensateur pendant 8 minutes.

2) Qu'une pile placée dans un air qui s'humecte petit à petit jusqu'à la saturation, fait, lorsqu'on l'en a retirée, diverger les feuilles d'or de l'électromètre sans condensateur autant que les parois le permettent. Elles heurtent contre les feuilles d'étain qui servent à les décharger jusqu'à 17 fois par minute, retombant chaque fois d'environ 15 degrés, jeu qui dure plusieurs heures. D'autres fois ces oscillations se répétaient jusqu'à 60 fois par minute, mais étaient plus petites ; il m'arriva même une fois que les feuilles d'or se déchirèrent par la violence de leur divergence. Si l'on donne à la pile de

moindres degrés d'humidité, les effets électriques sont en proportion. Ces expériences prouvent clairement que la pile de Zamboni n'offre aucun effet électrique si elle n'est pas humide; et comme cette condition est nécessaire (comme je l'ai prouvé ailleurs), pour que l'oxigène atmosphérique oxide les métaux, l'on doit en conclure que l'*action électrique de ce genre de piles est due à l'action chimique de l'oxigène, à l'oxidation des métaux*.

Je passe sous silence beaucoup d'observations curieuses et intéressantes que ces expériences m'ont fournies en outre du résultat principal. Je me permettrai seulement de rapporter aussi brièvement que possible les résultats que j'ai obtenus sur la quantité d'ε que la pile de Zamboni livre à un degré de sécheresse moyenne, telle que l'est ordinairement l'air de nos chambres.

1°) Une pile de Zamboni ne livre qu'environ $\frac{1}{1600}$ de l'ε que fournit la pile de Volta chargée avec une solution saturée de salmiak, dans la supposition que toutes autres données soient égales de part et d'autres.

2°) La pile voltaïque perd, par l'évaporation de son liquide, au moins $\frac{199}{200}$ de l'électricité qu'elle pourrait d'ailleurs fournir à chacun de ses pôles. Si l'on voulait pousser le calcul a toute rigueur, on trouverait que cette perte irait à $\frac{79999}{80000}$.

3°) Un pouce cube de gaz oxigène suffit pendant au moins 3000 jours à entretenir l'activité moyenne d'une pile de Zamboni de 1000 élémens, dont chacun a $2\frac{1}{2}$ pouces en carré. Ce qui explique déjà la durée de l'activité de ces piles. En outre,

4°) Ces piles, placées dans un cylindre de verre,

scellé avec un vernis de résine, ne sont pas absolument soustraites à la communication avec l'air extérieur. L'humidité, et par elle l'oxigène atmosphérique pénétrant au travers de cet enduit. Un lut composé de cire, de suif, de térébenthine et d'huile, scelle bien plus hermétiquement.

Déjà dans mon Mémoire de concours j'ai émis et appuyé une hypothèse sur la nature des deux électricités. Dans cette hypothèse $+\varepsilon$ *est le calorique* et $-\varepsilon$ *le luminique*. Le phénomène électrique est la réunion de ces deux agens au moment où ils sont développés par le procès chimique. Je croirais outre-passer de beaucoup les bornes permises d'une lettre, si je tentais de développer ici cette hypothèse. On trouve les faits et les raisonnemens sur lesquels elle s'appuie dans mon Cours allemand déjà cité, t. II, p. 592 et suiv., et dans mes Entretiens également cités, t. V, p. 221 et suiv. Je donne, dans ce dernier ouvrage, l'explication du phénomène de l'inflammation simultanée d'un bâton de charbon à ses deux bouts par les pôles de la pile. Celle de M. de La Rive ne me paraît pas suffisante; car la difficulté de passage des $\varepsilon$ des conducteurs au charbon (d'ailleurs très-petite à raison de la force conductrice du charbon) ne peut, comme telle, produire qu'une affluence des $\varepsilon$ à la pointe de chaque conducteur, non l'inflammation ou l'échauffement du charbon jusqu'à l'incandescence, si la pile ne fournit les principes matériels pour cela; mon hypothèse explique très-facilement le phénomène. Du côté positif, le calorique accumulé échauffe le charbon jusqu'à l'incandescence, c'est-à-dire, jusqu'à en chasser le luminique qu'il contient en qualité de ma-

tière inflammable ; du côté négatif, le luminique, accumulé, développe le calorique du charbon et cause son inflammation. + : fait ici l'effet d'un fourneau de réverbère, et — ε celui d'un verre ardent.

Enfin, qu'il me soit permis de rappeler que j'ai émis en théorème (*Cours de Physique allemande* p. 589) que l'électricité de frottement a également une origine chimique, l'oxidation de la surface du frottoir à l'air. Les raisons théoriques que j'en donne sont appuyées des expériences du docteur Heidmann, qui prouvent qu'une machine électrique ne fournit point d'ε lorsqu'elle est placée dans une atmosphère qui ne contient pas de gaz oxigène disponible. J'explique (p. 391 et 392) avec facilité les hauts degrés de tension que la machine fournit, comparés à la faible tension de la pile voltaïque. J'ajoute en ce moment aux preuves citées la preuve suivante. Le frottement n'est qu'une pression réitérée : or, la pression simple ne produit point d'ε. Comment la pression réitérée en produirait-elle ? Mais, en supposant qu'elle en produisît, ce serait ou l'une des deux seulement, ou l'une et l'autre. Si, par exemple, la compression produisait + ε, la dilatation, qui suit immédiatement, l'engloutirait de nouveau, et l'état électrique serait = o. Si la pression produisait les deux ε, rien n'empêcherait leur jonction, aucune couche d'oxide ne se formant, aucun corps ne se trouvant entre eux pour servir d'isolateur.

J'ai inventé le *système des phénomènes de la lumière*, système que l'on n'a point encore adopté ; mais on l'adoptera sûrement. Il surmontera un jour les obstacles que lui opposent les prédilections, et les difficultés de calcul

qui sont encore à surmonter. Si, au reste, il s'écoule d'ici là encore vingt-huit ans comme pour mon système chimique des phénomènes électriques, je n'aurai pas la satisfaction d'en être le témoin : il n'est donné qu'à peu de mortels d'atteindre l'âge de quatre-vingt-dix ans.

J'ai l'honneur d'être, etc.

Pétersbourg, ce $\frac{1}{13}$ juin 1829.

---

## ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 6 *juillet* 1829.

*Pièces manuscrites reçues dans la séance.* Mémoire sur la hauteur des marées, par M. Simonnin; Note sur l'emploi de l'eau acidulée pour enlever la teinte noire des bâtimens, par M. Chevalier; Paquet cacheté de M. Rigal, contenant les dessins d'un appareil propre à la destruction des calculs vésicaux; divers Mémoires des membres de l'expédition scientifique du Péloponèse, adressés par le Ministre de l'Intérieur; Considérations sur l'établissement d'une correspondance météorologique, par M. D'Hombres-Firmas; Mémoire de M. Grimaud, sur un moyen de guérir la rage, le tétanos, etc.

L'Académie a entendu ensuite deux Mémoires de M. Sérullas; l'un, qui fait partie de ce Cahier, est relatif à un nouveau chlorure double de phosphore et de soufre; l'autre traite de l'iodure et du chlorure d'azote; un Mémoire sur la famille des rubiacées, par M. Richard; et enfin, un Mémoire de M. Baudelocque

neveu, intitulé : *De la Céphalotriptie*, ou nouveau procédé pour pratiquer l'embryotomie, avec une observation suivie de succès.

*Séance du lundi 13 juillet.*

*Pièces manuscrites.* Dépôt cacheté de M. Le Gallois; Dépôt cacheté de M. Dauger; Essai sur le calcul duodécimal, par M. Gauthier; une Lettre du Dr Larroque, qui conteste l'exactitude d'une observation citée par M. Gannal dans son Mémoire sur les moyens de guérir la phthisie pulmonaire à l'aide du chlore; Mémoire sur le bégayement, par M. Malbouche.

Les Mémoires lus dans la séance sont : des Recherches de M. Donné sur les influences que les phénomènes météorologiques exercent sur les piles sèches; un Mémoire dans lequel le Dr Antomarchi conteste l'exactitude des observations de M. Lippi, sur les communications des vaisseaux lymphatiques; et enfin un rapport favorable de M. Cauchy sur un Mémoire de M. Ostrogradsky, concernant la propagation des ondes dans un bassin cylindrique.

*Séance du lundi 20 juillet.*

*Pièces manuscrites.* Mémoire de MM. Audouin et Milne Edwards sur les Annélides, accompagné d'un travail particulier sur les poils de ces animaux; Extrait d'une lettre de M. Berzelius à M. Dulong, sur la découverte d'une nouvelle terre, la Thorine.

*Rapports et Mémoires lus.* Rapports de M. Blainville sur un Mémoire de M. le Dr Louis Companyo, relatif au

cétacé échoué sur les côtes du département des Pyrénées orientales, le 27 décembre 1828. (L'auteur du Mémoire ne croit pas que l'animal appartînt à une espèce nouvelle : M. Blainville partage cette opinion); Mémoire de M. Portal sur les communications des vaisseaux lymphatiques, dans lequel l'auteur se prononce en faveur de la thèse de M. Lippi ; Mémoire de M. Flourens sur la régénération des os ; Résultat de l'enlèvement complet d'un anneau d'écorce, par M. Du Petit-Thouars ; Note sur la conversion des substances organiques végétales en acide oxalique par l'action de la potasse caustique, par M. Gay-Lussac ; Rapport de M. Cauchy sur un Mémoire de M. Russel d'Inval, concernant l'emploi des baguettes arithmétiques dans la division. (La nouvelle méthode est ingénieuse, mais elle ne paraît avoir avoir aucun avantage marqué sur l'ancienne.)

*Séance du lundi 27 juillet.*

***Pièces manuscrites.*** Description d'un instrument propre à remplacer les échelles de proportion, par M. Chauvin ; Description et modèle d'une nouvelle lampe statique, par MM. Chapuy et Marsaux ; Nouvelles observations sur les mouvemens des radicules de quelques plantes qui ont germé sur le mercure, par M. Jules Pinot ; Recette d'une encre indélébile préparée sous forme solide, par M. Dizé (paquet cacheté) ; Observations sur le développement des crustacés, et sur les changemens de forme que présentent ces animaux avant de parvenir à l'âge adulte, par M. Milne-Edwards ; Mémoire de M. Sturm sur l'intégration d'un certain système d'équations diffé-

rentielles linéaires ; Mémoire de M. Cauchy sur l'équation, à l'aide de laquelle on détermine les inégalités séculaires des mouvemens célestes ; Réclamation du Dr Alex. Paillard, au sujet de l'emploi que M. Lugol a fait des sels d'iode dans le traitement des maladies scrofuleuses.

*Rapports et Mémoires lus.* Rapport verbal de M. Damoiseau, sur les nouveaux élémens d'astronomie de M. Vincens ; Rapport verbal de M. Flourens, sur les élémens de pathologie vétérinaire de M. le professeur Vatel ; Rapport verbal de M. Cauchy, sur un ouvrage allemand du Dr Mellin, ayant pour titre : *Découverte dans le calcul intégral* ; Note de M. Becquerel (qu'on trouvera ci-après) ; et enfin, Mémoire de M. Rigal sur une sonde propre à favoriser l'introduction des instrumens employés pour la lithotritie.

*Séance du lundi* 3 *août.*

*Pièces manuscrites.* Relation détaillée d'une nouvelle guérison de phthisie pulmonaire à l'aide du chlore, par le Dr Cottereau ; Observations sur la question de la communication des vaisseaux lymphatiques avec les veines, par M. Lauth ; Expériences sur la manière de guérir le hoquet, par M. Vanier ; Essai sur un nouveau phénomène électro-dynamique, par M. de Briche ; Observations sur les expériences de M. Flourens relatives à la respiration, par M. Desportes ; Questions géographiques, par M. Duvallier.

*Rapports et Mémoires lus.* Rapport de M. Becquerel sur le Mémoire de M. Donné, concernant l'influence que les phénomènes météorologiques exercent sur les

piles sèches (*voyez* plus bas); Rapport de M. Duméril sur les lois de la mortalité chez les riches et chez les pauvres établies par M. Benoiston de Châteauneuf; Rapport de M. Duméril sur une phthisie traitée avec succès par le chlore à l'aide de l'appareil du Dr Cottereau. (Le jeune homme, nommé Pian, âgé de vingt-six ans, a été vu par les commissaires depuis le traitement; ils l'avaient examiné auparavant, et leur semblait présenter tous les symptômes de la phthisie pulmonaire; il paraît parfaitement guéri maintenant); Mémoire sur la réaction de torsion des verges rigides, par M. Savart. (Ce Mémoire a déjà paru dans les *Annales*.) Mémoire de M. Becquerel sur le pouvoir thermo-électrique. (*Voyez* le précédent Cahier.) Observation sur un gîte d'ossemens fossiles dans un terrain de *calcaire grossier*, situé sur la route de Nanterre, par M. Cordier.

*Séance du lundi* 10 *août*.

*Pièces manuscrites*. Lettre sur la torsion des artères, par le Dr Thierry; Lettre de M. Vannier concernant la nature de la rage; Lettre de M. Pamard, d'Avignon, sur quelques perfectionnemens dont les instrumens de la lithotritie sont susceptibles.

*Rapports et Mémoires*. Rapport de M. Cassini sur une très-belle collection de plantes artificielles, formée par feu M. Robillard d'Argentelle; Mémoire de M. Le Bœuf sur le mouvement diurne de la terre.

*Séance du lundi* 17 *août*.

*Pièces manuscrites*. Nouvelle lettre de M. Tournal sur les cavernes à ossemens fossiles; Observations météo-

[redacted]



rologiques faites à Berne, par M. Trechsel ; Lettre de M. Duleau, dans laquelle, à l'occasion du dernier Mémoire de M. Savart, il rappelle quelques expériences analogues qu'il a faites ; Lettre de M. Nel, d'Avignon, contenant l'annonce de nouveaux perfectionnemens des instrumens lithontripteurs ; Lettre de M. Dubled concernant la communication directe des vaisseaux lymphatiques avec les veines ; Usage du calcul des résidus pour l'évaluation et la transformation des produits composés d'un nombre infini de facteurs, par M. Cauchy.

*Rapports et Mémoires lus.* Rapport très-détaillé de M. de Rossel sur la dernière campagne de l'Astrolabe, commandée par M. d'Urville ; Rapport de M. Duméril, sur les essais faits par M. Lugol pour guérir les maladies scrofuleuses à l'aide de l'iode. (Les cas de réussite sont aussi nombreux que bien constatés.) Rapport de M. Cauchy sur un ouvrage de M. Gomès, intitulé : *Nouvelle Arithmétique* ; Expériences faites sur les alcalis végétaux, et les désordres qu'ils occasionent dans l'économie animale, par M. Donné.

---

## *Supplément à l'analyse de la séance du 27 juillet.*

*Rapport de M.* Becquerel *sur un Mémoire de M.* Donné, *concernant l'influence que les phénomènes atmosphériques exercent sur la force des piles sèches.*

Peu de temps après la découverte des appareils voltaïques, plusieurs physiciens essayèrent, mais en vain, d'en construire avec des élémens solides et indécompo-

sables. MM. Hachette et Désormes présentèrent à la première classe de l'Institut, en 1803, un Mémoire dans lequel ils firent connaître une pile formée avec des couples métalliques, séparées par une simple couche de colle de farine mêlée de sel marin. L'humidité répandue dans l'air, attirée par cette colle, suffit pour établir le mouvement du fluide électrique dans l'intérieur. Les propriétés de cette espèce de pile sont de ne pas agir sur les animaux, de ne produire aucune action chimique, de charger un condensateur au point de donner des étincelles, et de fonctionner pendant plusieurs mois. On donne à cet appareil le nom de *pile sèche.*

M. Zamboni imagina une pile sèche, dont l'effet est de plus longue durée que la précédente; elle est composée de 5 ou 600 disques de papier étamé sur une de ses faces, et recouvert sur l'autre d'une couche de peroxide de manganèse pulvérisé, légèrement humectée de lait ou de tout autre liquide analogue. Ce physicien a modifié cet appareil de bien des manières; mais il n'en est résulté jusqu'à présent aucun avantage réel pour la science, peut-être à cause des variations continuelles qui surviennent dans sa charge. Le Mémoire que M. Donné a lu à l'Académie, le 14 juillet dernier, et que MM. Gay-Lussac, Dulong et moi avons été chargés d'examiner, a pour but de faire connaître les causes de ces variations que l'auteur attribue à l'influence des phénomènes météorologiques. Il a étudié successivement l'action particulière de l'humidité, de la pesanteur atmosphérique, de la température, de l'électricité et de la lumière sur les piles sèches.

L'humidité agit sur les piles comme corps conduc-

teur, soit en enlevant une partie de l'électricité, soit en faisant communiquer les disques par leurs bords, et diminuant par là la tension des pôles.

M. Donné n'a remarqué aucun rapport entre les variations de tension et les hauteurs barométriques. Il a reconnu qu'une pile sèche, placée dans le vide, et dont l'un des pôles communique avec la terre et l'autre avec un électromètre, possède la même tension que dans l'air.

Cet effet peut tenir à deux causes : à la faible tension de l'électricité qui alors est maintenue sur l'électromètre par la pression de la petite quantité d'air restée sous la cloche, et à ce que la charge de la pile s'effectue plus rapidement que la déperdition dans le vide.

La température lui a paru la cause qui agit de la manière la plus immédiate et la plus variée; aussi son action est-elle très-compliquée. La tension d'une pile sèche est presque toujours en rapport avec la température de l'atmosphère. Elle augmente par la chaleur et diminue par le froid. C'est ce qui résulte d'observations nombreuses recueillies journellement depuis deux ans par l'auteur; mais l'augmentation de tension n'a pas lieu aussitôt que la température extérieure s'élève; quelquefois on ne l'aperçoit que lorsque le thermomètre commence à baisser. La chaleur ne manifeste donc pas son action sur-le-champ.

Il résulte encore des observations de M. Donné, que tel degré du thermomètre n'indique pas toujours le même degré de tension d'une pile, lequel dépend de la température qui a régné précédemment. On remarque un phénomène absolument analogue, quand on compare les effets produits par des variations brusques de tem-

pérature et des variations graduelles et lentes. Les unes peuvent réduire la tension à zéro, tandis que les autres ne lui font perdre que quelques degrés de son intensité.

Une chaleur graduée pendant quelques heures au delà de 20 à 24 degrés n'augmente pas sensiblement la tension. Quand on laisse refroidir la pile lentement, elle perd de sa force jusqu'à ce qu'elle ait repris la température des corps environnans ; au bout de vingt-quatre heures, elle est revenue au même point qu'avant l'expérience. Il paraît que la chaleur, outre son influence sur les actions chimiques qui ont lieu continuellement dans la pile, agit mécaniquement par la dilatation et la contraction pour modifier la tension de l'électricité. Quand on élève la température d'une pile, la chaleur ne dilate pas également dans les premiers momens la pile et les fils de soie qui la maintiennent. Il s'ensuit que les disques sont plus fortement serrés les uns contre les autres, ce qui doit augmenter l'énergie de la charge. Le refroidissement produit un effet inverse. Il paraît que la température agit moins en diminuant la quantité d'électricité qu'en ralentissant la rapidité de la charge.

M. Donné a étudié ensuite l'action de l'électricité sur les piles sèches ; il a posé en principe, d'abord, qu'une pile étant isolée, la tension est nulle aux deux extrémités, parce que les deux extrémités se font équilibre. Ce principe est en contradiction avec les faits connus. La pile de Volta, lorsqu'elle est isolée, possède, au pôle zinc, un excès d'électricité positive, et au pôle cuivre, un excès d'électricité négative. A partir de ces deux points, les quantités d'électricité libre vont en décroissant jusqu'au milieu, qui se trouve dans l'état

neutre. M. Donné motive son opinion sur ce que deux feuilles d'or, fixées à l'une des extrémités d'une pile sèche, n'éprouvent aucun écartement par un temps très-sec. On peut répondre à cela que, dans cette circonstance, la quantité d'électricité étant très-faible, et se répandant sur les corps conducteurs adhérant aux pôles, la tension doit être peu sensible. Vos commissaires engagent M. Donné à répéter de nouveau cette expérience, et à la varier suffisamment pour déterminer la cause qui annulle complètement la divergence des feuilles d'or, comme il l'a avancé dans son Mémoire.

La pile sèche étant isolée, si, au moyen de la machine électrique, on fait arriver de l'électricité positive au pôle négatif, la tension augmente considérablement au pôle positif; tandis que, si c'est au pôle positif que l'on fait arriver de l'électricité positive, la tension ne tarde pas à être réduite à zéro au pôle négatif. Cet effet est tout naturel, car, dans ce cas, la pile agit comme corps conducteur, qui transmet l'électricité de la machine. M. Donné a voulu se servir de cette action de l'électricité libre sur une pile pour connaître l'électricité de l'atmosphère, ou celle d'une espèce contraire qui se trouve sur une partie de la surface du globe, soumise à l'influence d'un nuage orageux. Il faut remarquer que les piles étant placées ordinairement dans une position verticale, la partie inférieure en communication avec le globe, ce n'est que par cette dernière qu'elles peuvent recevoir de l'électricité. Si la terre en fournit, leur tension doit être modifiée. M. Donné a donc cherché s'il y avait possibilité d'en recueillir. Un électromètre très-sensible, convenablement disposé, et

en communication avec le globe, lui a donné des signes non équivoques d'électricité.

C'est une idée ingénieuse que d'attribuer une partie des variations des piles sèches à l'électricité que prend à la terre un de leur pôle en communication avec elle. Mais cette idée a besoin d'être mûrie et appuyée de nombreuses expériences pour être définitivement admise en physique. Si elle se vérifie, ce serait un moyen de connaître la manifestation de certains phénomènes météorologiques.

M. Donné a reconnu enfin que la lumière était sans action sur les piles sèches, et qu'il était impossible de produire des effets chimiques, même avec un chapelet de cinquante piles, de mille disques chacune.

Les recherches de M. Donné intéressent la physique générale, et peuvent fournir de nouveaux élémens à la théorie de l'électricité. Vos commissaires vous proposent de l'engager à les continuer, en y mettant cette précision qui est si nécessaire dans l'étude des sciences physiques pour la détermination exacte des phénomènes, surtout dans une question aussi compliquée que celle qu'il a entrepris de résoudre.

---

## Note *sur la Décomposition du sulfure de soufre à l'aide de l'électricité.*

Par M. Becquerel.

On met dans un tube du carbure de soufre; au-dessus une dissolution de nitrate de cuivre qui a une pesanteur spécifique moindre; puis une lame de cuivre qui plonge

dans l'un et l'autre liquide : cet assemblage forme une pile.

Le carbure de soufre est décomposé, ainsi qu'une partie du nitrate ; il y a formation d'une grande quantité de cristaux de protoxide de cuivre sur la lame de cuivre, et dépôt de carbone sur les parois du tube, en lames très-minces ayant un aspect métallique.

---

## SUR *l'Action mutuelle de l'acide sulfurique et de l'alcool, et sur le mode de formation de l'éther.*

PAR M[r] H. HENNELL. 

(Lu à la Société royale, le 19 juin 1828.)

DANS un Mémoire imprimé dans les *Transactions philosophiques* de 1826, j'ai fait connaître le résultat de mes recherches sur la nature de l'huile douce du vin et de l'acide sulfovinique, produits constans de l'éthérification. Je me propose maintenant de développer les changemens particuliers qui ont lieu pendant la formation de l'éther au moyen de l'acide sulfurique et de l'alcool. Je vois, par les *Annales de Chimie*, que MM. Dumas et Boullay se sont occupés du même objet, et qu'ils ont fait des recherches, non-seulement sur la formation de l'éther, mais encore sur la nature des sulfovinates, et aussi, comme ils l'ont supposé, mais improprement, sur celle de l'huile douce du vin (1).

---

(1) La substance que ces chimistes ont examinée paraît, d'après la préparation qu'ils ont décrite, avoir été l'hydrure de

On a déjà pu voir, par les relations qui ont été publiées, combien nos résultats sur les sulfovinates et l'huile douce du vin sont différens ; et je vais montrer qu'il n'y a pas une différence moins grande entre eux et moi, concernant l'éthérification.

Lorsqu'on met ensemble parties égales d'acide sulfurique et d'alcool, sans l'application d'autre chaleur que celle qui résulte du mélange, le produit le plus abondant et le plus important est l'acide sulfovinique, environ la moitié de l'acide sulfurique étant convertie en cet acide particulier par sa combinaison avec l'hydrure de carbone (1). Mais lorsqu'un tel mélange, contenant une aussi grande proportion d'acide sulfovinique, est soumis à la distillation, le produit le plus important est une nouvelle substance, l'éther, et l'acide sulfovinique disparaît. La question qu'il s'agit maintenant de résoudre est de savoir si l'éther a été entièrement formé par l'action directe de l'alcool et de l'acide sulfurique restant dans le mélange, ou si l'acide sulfovinique n'a pas pu y contribuer aussi, ou enfin, si cet acide n'est point un état essentiel des élémens, intermédiaire entre le mélange de l'acide et de l'alcool, et le développement parfait de l'éther. MM. Dumas et Boullay, qui ont considéré quelques-unes de ces questions, admettent que les portions des élémens qui forment l'éther sont entièrement

---

carbone, qu'on peut séparer de l'huile douce du vin par les alcalis, et non la substance particulière que jusqu'à présent l'on a appelée *huile douce du vin*.

(1) L'acide sulfurique perd, par cette union, la moitié de sa capacité de saturation, et tous les sels formés par le nouvel acide sont solubles.

indépendantes de celles qui produisent l'acide sulfovinique; mais les faits suivans conduiront, à mon avis, à une conclusion contraire.

500 grains d'un acide sulfurique réservé pour des expériences comparatives, précipités par l'acétate de plomb, ont produit 1500 grains de sulfate de plomb.

500 grains de cet acide sulfurique ont été mêlés avec une égale quantité d'alcool d'une densité 0,820, et, après quarante-huit heures de repos, on a délayé le mélange et on l'a précipité par l'acétate de plomb. On n'a obtenu que 616 grains de sulfate de plomb; de sorte qu'environ les trois cinquièmes de l'acide sulfurique s'étaient changés en acide sulfovinique par le seul effet du mélange, et il n'était resté qu'un peu plus des deux cinquièmes pour agir comme acide sulfurique sur l'alcool restant, faisant environ les deux tiers de celui qui avait été employé.

Un autre mélange d'acide sulfurique et d'alcool, semblable au précédent et conservé le même temps, a été distillé jusqu'à ce qu'on eût recueilli 117 grains consistant en eau, en alcool et en une portion d'éther. Le résidu délayé a produit 804 grains de sulfate de plomb; et par conséquent il y avait, sur l'expérience précédente, une augmentation de 188 grains d'acide sulfurique.

Un troisième mélange a été distillé jusqu'à ce qu'on eût obtenu environ 200 grains, pour la plus grande partie d'éther. Le résidu a produit 986 grains de sulfate de plomb, contenant environ les deux tiers de l'acide sulfurique employé, et l'augmentation par la distillation a dépassé de beaucoup la moitié de celui qui existait avant l'application de la chaleur; de sorte que pendant

la distillation, et simultanément avec la formation de l'éther, une certaine quantité d'acide sulfovinique s'était changée en acide sulfurique, et ce dernier a paru augmenter dans le même rapport que la quantité d'éther dans les produits de la distillation.

Un quatrième mélange, duquel on avait retiré 200 grains par la distillation, a été étendu de 200 grains d'eau. Après en avoir retiré 160 grains, on a fait une nouvelle addition de 200 grains d'eau, et on a continué la distillation. On a encore fait une nouvelle addition de 500 grains d'eau, et on a continué la distillation jusqu'à ce qu'on eût retiré un produit d'un volume égal à celui de l'eau ajoutée. Par ces diverses opérations, on avait pour objet de séparer tout l'éther et l'alcool autant que possible, afin de déterminer jusqu'à quel point on pouvait porter la transformation de l'acide sulfovinique en acide sulfurique. On n'a aperçu aucune odeur sulfureuse pendant l'opération, ni aucune carbonisation dans la retorte; le liquide précipité par l'acétate de plomb, a produit 1480 grains de sulfate de plomb. Ce résultat, de bien peu inférieur à celui de 1500 qu'on avait obtenu avant l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool, fait voir que à peu près la totalité de l'acide sulfovinique a repassé à l'état d'acide sulfurique; il est ainsi complètement en opposition avec l'opinion, que, lorsque l'acide sulfurique et l'alcool agissent l'un sur l'autre, il se forme de l'acide hyposulfurique.

D'après ces expériences, il paraissait probable que l'éther était le produit de la décomposition de l'acide sulfovinique; mais un mélange à poids égaux d'acide sulfurique et d'alcool contient, outre l'acide sulfo-

vinique, une quantité considérable d'acide sulfurique et d'alcool, qui n'ont point éprouvé d'altération; car, dans le premier mélange d'acide sulfurique et d'alcool, trois cinquièmes de l'acide sulfurique ont été convertis en acide sulfovinique, en se combinant avec l'hydrure de carbone de moins d'un tiers de l'alcool employé.

Voulant maintenant m'assurer si on pouvait obtenir de l'éther sans la présence de l'alcool, j'ai préparé du sulfovinate de potasse, contenant, d'après mon analyse, 28,84 pour cent de potasse, et à 500 grains de ce sel j'en ai ajouté 150 d'acide sulfurique, pouvant à peu près saturer la potasse du sel; puis j'ai appliqué la chaleur au mélange. L'expérience peut par conséquent être considérée comme la distillation de l'acide sulfovinique, mêlé avec du sulfate de potasse, que l'on peut présumer rester inerte pendant le procédé, et aussi avec l'eau de l'acide et du sel. La proportion de l'eau a une très-grande influence; dans l'expérience présente, environ une drachme de liquide a passé à la distillation, et il est resté dans la retorte un sel noir et acide, ayant l'odeur de l'acide sulfureux. Quelques grains de carbonate de potasse, ajoutés au produit distillé, ont enlevé un peu d'eau; la liqueur claire, décantée et mêlée avec un peu de chlorure de calcium sec, s'est séparée par l'agitation en deux portions; la supérieure, d'environ une demi-drachme, a été reconnue pour de l'éther pur. Ce résultat prouve qu'on peut former de l'éther avec un sulfovinate ou l'acide sulfovinique sans le concours de l'alcool.

J'ai fait une autre expérience en tout semblable à la précédente, excepté que le sulfovinate a été mêlé avec son poids d'eau, avant l'addition de l'acide sulfurique;

ce qui revient à distiller l'acide sulfovinique dilué, au lieu de ce même acide concentré. Le produit de la distillation n'avait aucune odeur d'éther, et en effet on n'a pu y découvrir aucune trace de ce liquide. J'ai obtenu environ neuf drachmes d'un fluide d'où le carbonate de potasse a séparé de l'eau en laissant trois drachmes d'un liquide surnageant, paraissant être de l'alcool par sa saveur, son odeur et sa flamme. Après l'avoir décanté, le chlorure de calcium qu'on y a mis n'en a point séparé d'éther, mais le tout a formé une dissolution qui a donné par la distillation de véritable alcool; et ce produit, étant mêlé avec son poids d'acide sulfurique, a fourni de nouveau de l'éther sulfurique ou de l'acide sulfovinique.

Dans cette expérience, il n'y a eu aucune carbonisation dans ce qui était contenu dans la retorte; et, par la précipitation avec l'acétate de plomb, on a obtenu tout l'acide sulfurique; non-seulement la portion ajoutée pour décomposer le sel, mais encore la double portion séparée de l'acide sulfovinique au moment de la séparation et du nouvel arrangement de l'hydrure de carbone.

Dans mon premier Mémoire, j'avais montré que, en chauffant avec de l'eau l'huile douce du vin, elle se changeait en hydrure de carbone et en acide sulfovinique : j'ai fait une nouvelle expérience sur cette huile. 200 grains ont été mis avec un peu d'eau dans une retorte et distillés; on a obtenu environ une drachme de liquide qui, après sa distillation sur du carbonate de potasse, a paru principalement composé d'alcool; cependant la présence de l'éther y était très-évidente. Cette

expérience prouve que l'on peut former de l'éther avec l'acide sulfovinique, sans le concours de l'acide sulfurique, au commencement de la distillation.

Quant aux questions posées au commencement de ce Mémoire, il me paraît résulter des faits que j'ai rapportés que, dans le procédé ordinaire de la préparation de l'éther, ce liquide n'est pas entièrement formé par l'action directe de l'alcool et de l'acide sulfurique, considérée indépendamment de la présence de l'acide sulfovinique; car la quantité d'acide sulfurique libre est petite, comparée à celle de l'alcool présent dans le mélange, deux cinquièmes d'acide restant seulement, tandis qu'il reste plus des deux tiers de l'alcool; de plus, l'acide sulfovinique seul est promptement converti en éther et en acide sulfurique; et, pendant que l'éther distille dans le procédé ordinaire, l'acide sulfovinique est toujours reconverti plus ou moins complètement en acide sulfurique, et aide probablement beaucoup dans la formation de l'éther. Relativement à la troisième question, on peut soutenir l'opinion que la formation de l'acide sulfovinique est un degré intermédiaire et nécessaire dans la formation de l'éther par l'acide sulfurique et l'alcool; je ferai quelques remarques à cet égard.

De quelque manière qu'on envisage la formation de l'éther avec l'alcool et l'acide sulfurique, elle ne peut avoir lieu sans la présence de l'acide sulfovinique. Toutes les fois que de l'éther a été formé, on a vu qu'il s'était aussi formé de l'acide sulfovinique; toutes les fois que l'acide sulfurique est assez délayé pour ne point former d'acide sulfovinique avec l'alcool, il ne se forme pas

non plus d'éther. L'acide sulfovinique produit de l'éther sans le concours de l'alcool. Et quoique l'éther, formé par la distillation de poids égaux d'alcool et d'acide sulfurique, paraisse en plus grande quantité que n'en pourrait fournir la décomposition de l'acide sulfovinique existant dans le mélange, avant l'action de la chaleur, ce n'est pas sans fondement qu'on peut supposer que, en même temps qu'une portion d'acide sulfovinique est décomposée en acide sulfurique et en éther, une autre portion peut être formée avec l'alcool et l'acide sulfurique; on peut prouver en effet, par l'expérience suivante, qu'il se forme de l'acide sulfovinique, au moyen de la chaleur, dans un mélange d'alcool et d'acide sulfurique. 500 grains d'acide sulfurique concentré ont été étendus d'un poids égal d'eau, et au mélange refroidi on a ajouté 2000 grains d'alcool, densité 0,820. Le jour suivant, il ne s'était pas formé d'acide sulfovinique; le mélange a été alors distillé, jusqu'à ce qu'on eût obtenu un produit à peu près du poids de l'alcool employé, et l'on a trouvé de l'acide sulfovinique dans le résidu; car du carbonate de plomb a été dissous en quantité considérable; il s'est donc formé de l'acide sulfovinique par l'application de la chaleur, là où auparavant il n'en existait pas. Ce résultat paraît aussi opposé à l'opinion que, dans la formation de l'éther, l'acide sulfurique agit simplement en soustrayant de l'eau à l'alcool; car l'acide délayé a cédé ici une portion de son eau pendant la distillation, et a séparé de l'alcool une portion d'hydrure de carbone.

Il a été déjà demontré que la production de l'éther est matériellement influencée par la quantité d'eau dans le

mélange, et que le même acide sulfovinique donne de l'éther ou de l'alcool, suivant qu'il est concentré ou délayé. L'hydrure de carbone qui, ainsi que je l'ai montré dans mon premier Mémoire, a la faculté extraordinaire, dans l'huile du vin, de neutraliser toutes les propriétés acides de l'acide sulfurique, et, dans l'acide sulfovinique, d'en neutraliser la moitié, se trouve, dans ce dernier corps, dans un état si particulier qu'il peut, suivant les circonstances, ou se réunir à la portion d'eau nécessaire à la formation de l'éther, ou à celle plus grande qu'exige l'alcool.

D'après les expériences sur la production de l'alcool ou de l'éther par la distillation de l'acide sulfovinique plus ou moins délayé, il paraît que les élémens immédiats de cet acide peuvent se séparer et revenir facilement à leur état primitif d'acide sulfurique et d'alcool. L'expérience suivante a été faite dans l'intention d'éclaircir ce point. 500 grains d'acide et autant d'alcool ont été mêlés comme précédemment, et abandonnés à eux-mêmes plusieurs jours. Par les expériences déjà rapportées, on sait que plus de la moitié de l'acide sulfurique se change, dans cette circonstance, en acide sulfovinique, et que, par la distillation et la dilution à des périodes convenables, on eût obtenu de l'éther et de l'alcool, et à peu près la totalité de l'acide sulfurique. Mais, au lieu de procéder ainsi, on a ajouté au mélange 1000 grains d'eau, et on a distillé jusqu'à ce qu'on ait obtenu un produit de 1400 grains. Aucune carbonisation ni aucune décomposition de l'acide sulfurique n'a eu lieu; il n'y a point eu d'éther formé; mais on a retrouvé à peu près tout l'alcool et tout l'acide primitivement

employés. On peut se demander si la production de l'alcool et de l'éther, dans ces expériences ou autres semblables, est entièrement déterminée par la proportion de l'eau présente, ou si la différence de la température subséquente ne peut avoir un effet sur sa variation.

Si l'on chauffe un mélange d'éther et d'acide sulfurique, on obtient, parmi les produits, de l'huile du vin et de l'acide sulfovinique ; et comme ce dernier acide, lorsqu'il est délayé, est promptement converti en alcool et en acide sulfurique, il fournit un moyen de convertir l'éther en alcool : ainsi on peut former à volonté de l'éther avec l'alcool, et de l'alcool avec l'éther, en mettant l'hydrure de carbone de ces corps dans cet état particulier qu'il prend lorsqu'il est combiné avec l'acide sulfurique dans l'acide sulfovinique. On peut même aller plus loin, et former de l'alcool ou de l'éther en employant le gaz oléfiant pour l'hydrure de carbone ; car j'ai fait voir, dans mon dernier Mémoire, que le gaz oléfiant forme de l'acide sulfovinique en se combinant avec l'acide sulfurique ; et l'acide, ainsi produit, forme de l'éther ou de l'alcool, suivant des circonstances variables à volonté.

Il serait à peine nécessaire de s'arrêter à la remarque extraordinaire, à la fin du second Mémoire de MM. Dumas et Boullay, si ce n'était pour remarquer qu'elle est singulièrement en désaccord avec les faits et les opinions contenus dans la première partie de ce Mémoire, et dans le précédent des mêmes auteurs. Ceux qui ont lu ces deux Mémoires, et ceux de M. Faraday et de moi, qui ont été publiés long-temps avant le premier, pourront

décider, sans plus ample commentaire, à qui appartiennent les vues originales contenues dans ces Mémoires (1).

(*Transactions philosophiques*, 1828. Part. II.)

---

## Sur *le Kermès*.

### Par M. Gay-Lussac.

D'après les dernières recherches de M. Berzelius (2), et celles de M. H. Rose (3), le kermès n'est que du sulfure d'antimoine ordinaire, dont la couleur est due à son grand état de division.

N'étant pas entièrement satisfait des preuves alléguées à l'appui d'une telle composition, je me suis livré à quelques expériences qui m'ont conduit à me former du kermès une opinion différente de celle de MM. Berzelius et Rose, et qui se rapproche de l'opinion que la plupart des chimistes s'en étaient formée, particulièrement

---

(1) Nous regrettons de n'avoir pu faire connaître plus tôt cet important Mémoire; mais ce n'est que depuis peu que nous avons reçu le volume des *Transactions philosophiques*, où il est imprimé. Nous avons pensé qu'il serait encore lu avec intérêt, quoique les principaux résultats en soient connus, et même après le beau travail de M. Sérullas sur l'éthérification. *R.*

(2) *Annales de Chimie et de Physique*. XX. 225.

(3) *Idem*, t. XXIX, p. 246.

depuis les recherches de M. Robiquet (1). Ces expériences sont très-anciennes, et je me serais contenté de la publicité que je leur avais donnée dans mes leçons, si M. Henry fils, qui a publié en dernier lieu un travail intéressant sur le kermès (2), ne m'eût laissé quelques observations à ajouter. Je distinguerai les précipités formés par l'acide hydrosulfurique dans les dissolutions d'antimoine du kermès proprement dit, parce que la nature de ces divers composés est très-différente.

Le précipité rouge orangé, que l'on obtient en faisant passer un courant d'acide hydrosulfurique dans une dissolution d'émétique, est un protosulfure d'antimoine hydraté. En effet, l'acide hydrochlorique affaibli et le tartre ne lui enlèvent point d'oxide; et, quand il y a dissolution, elle est toujours accompagnée d'un dégagement d'acide hydrosulfurique.

Ce sulfure, desséché à 100°, retient de l'eau, mais en quantité insuffisante pour former un hydrosulfate; il en abandonne successivement jusqu'à environ 230° : à ce terme, il n'en retient plus, et devient noir; frotté sur le papier, il laisse des taches de la même couleur. Il me paraît analogue au peroxide de fer hydraté, qui ne perd aussi son eau que successivement en brunissant de plus en plus, à mesure que la température s'élève, et qui ne prend une couleur rouge qu'au moment où il a perdu toute son eau.

L'acide hydrosulfurique produit aussi dans la dissolution de perchlorure d'antimoine, un précipité rouge

---

(1) *Annales de Chimie*, t. LXXXI, p. 317.

(2) *Journal de Pharmacie*, t. XIV, p. 545.

orangé, mais qui diffère de celui que l'on obtient avec l'émétique ou le protochlorure; c'est un persulfure hydraté que la chaleur décompose en soufre qui se volatilise, et en protosulfure noir semblable au précédent. Il est à remarquer que le sulfure noir obtenu par la calcination du sulfure rouge orangé est moins fusible que le sulfure noir naturel; il résiste à la chaleur de la lampe alcoolique.

Le kermès, comme on le sait, varie, quant à sa couleur au moins, d'après le mode suivi pour sa préparation. C'est celui obtenu par le procédé de Cluzel (*Annales de Chimie*, t. LXIII, p. 122), sur lequel porteront mes observations.

La première, est qu'on se tromperait beaucoup si l'on pensait, parce que le kermès cède encore quelque chose à l'eau après de nombreux lavages, qu'on ne l'a pur que lorsqu'il ne lui cède plus rien; car, si l'on voulait laver, par exemple, le sous-acétate de cuivre, et une foule d'autres sels jusqu'au point où l'eau n'enlèverait plus rien, on les décomposerait complètement. Le kermès est dans le même cas; des lavages trop multipliés en changent la nature. Mais quel est donc le terme auquel on doit s'arrêter? Ce terme s'obtient facilement en employant le moins d'eau possible pour les lavages, et en ne les poussant que jusqu'au point où le résidu, en supposant que l'eau n'ait pas d'action chimique sur lui, ne contienne que un millième ou un dix-millième de matières étrangères.

Un kermès, ainsi lavé, se comporte de la manière suivante.

L'acide hydrochlorique affaibli, la crême de tartre et

l'acide tartrique lui enlèvent du protoxide d'antimoine sans dégagement d'acide hydrosulfurique.

Le kermès, desséché long-temps à 25°, et même à 100°, retient encore de l'eau. Chauffé à la lampe à esprit-de-vin, il devient noir, et donne de l'eau qui est, comme M. Robiquet l'a observé, légèrement ammoniacale. A une chaleur un peu plus élevée, il entre en fusion et se boursouffle par un peu de gaz sulfureux qui se dégage. En couche mince sur le verre, il lui donne une teinte d'un rouge foncé, et écrasé sur le papier, il le teint d'un rouge brun. Il est plus fusible que le sulfure noir obtenu par la calcination du sulfure orangé hydraté.

Si, sur le kermès privé d'humidité par la chaleur, on fait passer un courant d'hydrogène à la chaleur rouge obscur, on obtient beaucoup d'eau et d'acide hydrosulfurique, et l'antimoine est réduit; mais, ainsi qu'on l'a déjà observé, le résidu manifeste une réaction alcaline.

D'après ces diverses expériences, il est incontestable que le kermès renferme de l'oxide et du sulfure d'antimoine, et qu'on doit le considérer comme un oxisul-sulfure. La quantité d'eau obtenue en le décomposant par l'hydrogène, est variable; mais on peut prendre pour type de sa composition 1 proportion de protoxide d'antimoine et 2 de protosulfure. J'ai, en effet, obtenu jusqu'à 0,9 de proportion de protoxide, et M. Henry a trouvé de son côté, par un autre procédé, une différence moindre.

Il est également incontestable que le kermès, précipité du sulfure alcalin qui le tenait en dissolution, est hydraté. Il perd successivement de l'eau à mesure que la

[redacted]



température s'élève, et paraît noir lorsqu'il en est dépouillé ; mais dans mes expériences je n'ai point trouvé de proportion définie.

Lorsque la potasse, la soude ou leurs carbonates agissent sur le sulfure noir d'antimoine, leur oxigène se porte sur l'antimoine, avec lequel il forme du protoxide, et le soufre de l'antimoine prend la place de l'oxigène de l'alcali : aussi n'obtient-on point de kermès en faisant bouillir avec du sulfure d'antimoine du sulfure de potassium saturé de soufre ; mais, au moyen des acides, il se fait dans la dissolution, un précipité jaune orangé, qui, soumis à la chaleur, donne du soufre et devient noir. Le soufre doré donne un résultat semblable.

---

## RECHERCHES *chimiques sur le pollen du* typha latifolia, LIN., *famille des typhacées.*

PAR M. HENRI BRACONNOT,
Correspondant de l'Institut.

LE typha latifolia, connu sous les noms vulgaires de *masse d'eau*, *massette*, *roseau des étangs*, fournit, à l'époque de la floraison, comme la plupart des plantes monoïques et dioïques, une si grande quantité de pollen, qu'on l'utilise quelquefois en le substituant à la poudre de lycopode pour les usages de la pharmacie et pour les feux de l'opéra. Ayant eu l'occasion de recueillir facilement de cette poussière séminale, j'ai cru devoir en examiner la nature intime, espérant que mes recherches pourraient peut-être éclairer quelques-uns des phé-

nomènes qui accompagnent le mystère incompréhensible de la fécondation des plantes.

Les chatons mâles du typha, bien fleuris et recueillis par un temps sec et chaud, ont été secoués sur un tamis de soie pour en séparer les androphores et les poches des anthères ; on a obtenu une poussière impalpable, d'un beau jaune, qui a été renfermée dans un flacon bien sec et bien bouché. Examinée au microscope, elle m'a paru formée de petits grains ovales, arrondis et mamelonnés.

100 parties de ce pollen ont perdu par la dessiccation 48 parties d'humidité, ce qui est d'autant plus remarquable que cette poussière a une apparence si sèche qu'elle semble couler d'un vase à l'autre sans y adhérer.

Le pollen récent du typha ne rougit pas d'une manière bien sensible le tournesol ; mais, conservé seulement deux ou trois jours dans le flacon bien bouché dont j'ai parlé, il a éprouvé une altération bien remarquable ; il a perdu sa forme pulvérulente, s'est humecté et pelotonné tellement qu'on a eu de la difficulté à le sortir du vase ; alors il a rougi d'une manière très-prononcée la couleur bleue du tournesol, et a répandu une odeur alcoolique très-sensible.

Dans cet état, il est assez probable qu'il a perdu sa faculté fécondante, à moins qu'un commencement de fermentation ne soit nécessaire pour faciliter sa fécondation ; ce qu'il y a de certain, c'est que le pollen du camerops et du dattier la conserve pendant long-temps lorsqu'il a été préalablement bien desséché et à l'abri de l'humidité. Le pollen du dattier rapporté d'Egypte par M. Delille, et analysé par MM. Fourcroy et Vauquelin,

[redacted]



n'avait-il pas éprouvé une altération analogue à celle dont je viens de rendre compte ? En effet, ces illustres chimistes ont observé que ses eaux de lavage avaient une saveur et une odeur aigrelettes assez analogues à celle de la bière.

Le pollen du typha, desséché et projeté dans la flamme d'une bougie, brûle à la manière de la poudre de lycopode, mais moins vivement. Il brûle aussi avec beaucoup de flamme sur une lame de platine rougie au feu, et laisse pour résidu une petite quantité de matière fondue alcaline. Soumis à la distillation, il donne un produit acide comme les matières médiocrement azotées.

Le pollen du typha, broyé avec la teinture d'iode, change à peine de couleur, ou ne prend qu'une teinte d'un vert sale; la nuance n'est pas plus intense en délayant préalablement cette poussière avec de l'acide sulfurique concentré, avant d'y ajouter la teinture d'iode; mais si, au lieu de la délayer avec cet acide concentré, on broie le mélange dans un mortier d'agate pour écraser et dissoudre les grains de pollen, alors la teinture d'iode y développe une belle couleur bleue; d'où il résulte que l'enveloppe spermatique de chaque grain de pollen est tapissée intérieurement par de l'amidon, ce qui est d'autant plus remarquable que les grains de ce dernier, tels que le microscope les a fait connaître, ne semblent guère plus petits que ceux du pollen du typha.

Ce pollen récent, ayant été mis en digestion avec de l'eau tiède afin d'en extraire les principes solubles, j'ai examiné le mélange au bout de quelques heures; il était en pleine fermentation alcoolique : abandonné pendant

huit jours à la température de 25°, il a contracté une saveur très-aigre et une odeur de levain. La liqueur filtrée n'était que faiblement troublée par l'infusion de galle. Elle a donné, à la distillation, du vinaigre, et il est resté un résidu, lequel, desséché, était d'un goût aigre et paraissait contenir un acide fixe. Je l'ai mis en digestion avec de l'alcool, qui en a dissous une partie en laissant une matière gommeuse peu azotée. Celle-ci, redissoute dans l'eau, a laissé précipiter du phosphate de chaux par l'addition du muriate de cette base.

Quant à la portion soluble dans l'alcool, j'y ai reconnu la présence d'une matière peu azotée, du malate et de l'acétate de potasse, et d'un acide libre que je n'ai point déterminé, qui retenait un peu d'ammoniaque.

### *Examen de la partie du pollen du typha, soluble dans l'eau.*

12 grammes de pollen récent ont été mis en digestion avec de l'eau, à une température de 40 à 45° ; il en est résulté une liqueur jaunâtre qui n'était point troublée par l'ébullition, et n'a produit aucune réaction sur le papier teint par le tournesol. Le pollen ayant ensuite été épuisé par l'eau bouillante, ces nouvelles liqueurs n'ont donné aucun indice de la présence de l'amidon. Réunies à la première et évaporées avec toutes les précautions convenables, elles ont laissé 2,45 grammes d'un résidu un peu mou, d'un brun-jaunâtre et d'une saveur douce et sucrée, mêlée d'une légère astriction. Cet extrait, redissous dans l'eau, a produit avec l'acétate de plomb un précipité blanc, lequel, décomposé par le gaz hydrosulfurique, a donné de l'acide malique, de

l'acide phosphorique et une matière gommeuse qui a été séparée par l'alcool. Cette gomme paraissait contenir une petite quantité d'un principe azoté ; car elle était légèrement troublée par l'infusion de galle. Chauffée dans un tube de verre où l'on avait introduit une bandelette de papier rougi par le tournesol, celui-ci a pris d'abord une légère teinte bleuâtre ; mais bientôt la couleur primitive a reparu plus avivée. La liqueur, séparée du dépôt et privée par le gaz hydrosulfurique de l'excès de plomb qu'elle retenait, a laissé après son évaporation un résidu sirupeux contenant du sucre, uni très-intimement à de la gomme et à une matière médiocrement azotée, qui était précipitée par l'infusion de galle. J'ai fait chauffer ce résidu avec de l'alcool concentré ; une petite portion s'est dissoute dans l'alcool, tandis que l'autre, qui avait conservé sa consistance sirupeuse, est restée insoluble. Celle-ci était presque aussi sucrée qu'auparavant. Lavée à plusieurs reprises avec de l'alcool faible, elle a pris peu à peu de la consistance en perdant la matière sucrée qu'elle retenait.

Desséchée et redissoute dans l'eau, elle a laissé déposer une matière floconneuse brune, qui a donné à la distillation un produit légèrement ammoniacal, rappelant au bleu le papier rougi par le tournesol. Son charbon, difficile à incinérer, a laissé une cendre qui n'était que de la silice. La liqueur, séparée de cette matière azotée, a fourni par l'évaporation une gomme dont la distillation était à peine troublée par un peu d'infusion de galle, et qui redevenait limpide par un léger excès de ce réactif. Elle était d'ailleurs précipitée par l'alcool, le sous-acétate de plomb et l'acétate de fer peroxidé ; mais l'acétate de

plomb, le sulfate de fer peroxidé et la teinture d'iode n'ont produit aucun changement remarquable.

Cette matière gommeuse, traitée par l'acide nitrique, a donné un peu d'acide oxalique, mais pas sensiblement d'acide mucique. J'ai fait de vains efforts pour obtenir à l'état de pureté la matière sucrée restée en dissolution dans l'alcool; elle retenait toujours obstinément une matière azotée, que je présume être analogue à celle obtenue à l'état de flocons bruns, et qui pouvait devoir sa solubilité accidentelle, dans l'eau et dans l'alcool, à sa combinaison avec le principe sucré. Au surplus, cette matière azotée était précipitée par l'infusion de galle; mais un excès du précipitant redissolvait le précipité, qui disparaissait aussi par l'affusion de l'alcool.

*Action de l'éther sur le pollen du typha.*

5 grammes de pollen du typha ont été mis en macération, à une douce chaleur, avec de l'éther sulfurique. Il en est résulté une teinture jaune; mais le pollen paraissait n'avoir rien perdu de sa couleur. La liqueur éthérée, évaporée spontanément, a laissé une matière grasse, laquelle a fourni à l'eau une petite quantité d'un principe colorant d'un beau jaune, insoluble dans l'alcool, et que l'acétate de plomb précipitait en flocons jaunes. L'infusion de galle y formait aussi un précipité. Exposé au feu, il brûlait avec boursoufflement sans laisser de résidu appréciable. Peut-on le considérer comme le principe colorant jaune, pur et bien isolé du pollen? Je n'oserais l'assurer. La matière grasse, séparée de ce principe colorant, avait la consistance du suif, et s'est comporté exactement comme lui : en effet,

elle a montré peu de disposition à se dissoudre dans l'alcool et dans les dissolutions alcalines bouillantes ; mais il s'est formé du savon par l'action prolongée de ces derniers. Comprimée fortement dans du papier gris, elle y a produit des taches huileuses, et a pris plus de consistance. Cette substance est donc formée, comme le suif, de stéarine et d'oléine. Je ne puis déterminer ici sa proportion, parce que j'en ai perdu ; mais l'action de l'acide nitrique sur le pollen va nous l'indiquer.

*Action de l'acide nitrique sur le pollen du typha.*

5 grammes de cette poussière ont été exposés à une douce chaleur avec 30 grammes d'acide nitrique à 45°, et aussitôt que la dissolution a paru complète, on l'a laissée refroidir pour séparer la graisse qui était figée à sa surface. Celle-ci, recueillie avec soin, lavée et privée d'humidité, était blanche et pesait 0,18 grammes ; mais on conçoit que l'acide nitrique lui avait fait subir un premier degré d'acidification : aussi était-elle soluble avec la plus grande facilité dans les alcalis et dans l'alcool chaud qui la laissait cristalliser en se refroidissant. La dissolution nitrique du pollen, séparée de cette matière grasse, a donné à la distillation d'abondantes vapeurs d'acide nitreux. On a achevé l'évaporation dans une capsule à une douce chaleur, afin d'expulser la presque totalité de l'acide nitrique ; et il est resté un résidu presque sec, d'un jaune clair et d'une saveur amère très-prononcée. Redissous dans l'eau chaude et abandonné à lui-même, il s'est pris en une masse de cristaux grenus, lesquels, séparés d'un liquide incristallisable, lavés avec de l'eau et pressés dans du papier gris, étaient blan-

châtres. Ils ont abandonné quelques traces d'oxalate de chaux, lors de leur redissolution dans l'eau bouillante, et ont cristallisé de nouveau. Ils sont peu solubles dans l'eau froide, mais disparaissent dans une grande quantité de ce liquide qu'ils colorent en jaune. Leur dissolution dans l'eau bouillante, saturée de carbonate de potasse, donne par le refroidissement une multitude de longs prismes aciculaires très-brillans et d'un beau jaune, lesquels, exposés à la chaleur, se décomposent avec explosion, en laissant dans leur voisinage un enduit fuligineux. On voit donc que, par la réaction de l'acide nitrique sur le pollen du typha, il se forme principalement de l'acide carbazotique, mais point sensiblement d'acide oxalique, ainsi que je m'en suis assuré par plusieurs épreuves.

*Examen des enveloppes spermatiques du pollen du typha épuisée par l'eau bouillante* (pollénine).

Nous avons dit que les grains du pollen du typha étaient tapissés entièrement par de l'amidon, qui parait y être retenu assez fortement, puisque ni l'eau bouillante, ni même l'acide acétique concentré bouillant ne peuvent en séparer; mais, à l'aide d'une légère dissolution d'acide tartrique bouillante, on obtient une liqueur incolore qui prend une belle couleur bleue foncée avec la teinture aquense d'iode. Le carbonate de potasse donne un résultat analogue sans se charger du principe colorant. Avec la potasse caustique bouillante on a une liqueur qui ne contient que de l'amidon et un peu de matière jaune, et qui est entièrement décolorée par un excès d'acide. Si on prolonge l'ébullition de la liqueur alca-

line pendant une ou deux heures, la matière grasse finit par s'acidifier, et on a pour résultat une dissolution de savon contenant une petite quantité de matière jaune, mais rien de plus. Pour apprécier la quantité d'amidon contenu dans le pollen, 12 grammes de cette poussière, préalablement épuisée de ses principes solubles, ont été traités par l'eau bouillante aiguisée d'acide hydrochlorique, et on a filtré à travers un linge sur lequel on a pu laver la matière insoluble malgré son extrême ténuité. Les liqueurs acides réunies et saturées d'ammoniaque ont laissé déposer un léger précipité de phosphate de chaux. L'alcool y a formé ensuite un dépôt gélatineux incolore, lequel, bien lavé à l'eau alcoolisée, ressemblait à de l'empois, et pesait 0,25 grammes après sa dessiccation. Il s'est redissout en partie dans l'eau froide. C'était de l'amidon un peu modifié par l'acide hydrochlorique. La portion du pollen insoluble dans l'eau et privée, par la potasse caustique, de l'amidon, de la matière grasse, et d'une partie du principe colorant, présente une matière azotée, mais beaucoup moins que l'albumine, insoluble dans les alcalis caustiques et dans l'acide hydrochlorique concentré bouillant, et dissoluble dans l'acide sulfurique concentré, d'où elle est précipitée par l'eau. Elle se dissout aussi, quoiqu'avec peine, dans l'acide acétique concentré bouillant; mais l'eau l'en précipite en flocons blancs qui ressemble à du fromage. Ainsi divisée, elle est soluble dans l'ammoniaque et dans la potasse caustique, desquels elle peut être séparée par les acides sous la forme d'un coagulum blanc opaque; mais, si l'on fait bouillir sa dissolution dans la potasse, elle éprouve une altération telle que les

acides ne peuvent plus la séparer ; dans cet état, elle est précipitée de la liqueur saturée par l'alcool et par l'infusion de galle. Cette matière, ainsi obtenue de sa dissolution acétique par l'eau, se dissout aussi dans l'acide hydrochlorique concentré bouillant, d'où elle peut encore être précipitée par l'eau. Desséchée, elle est d'une demi-transparence cornée. A la dissolution. elle se boursouffle et donne un produit huileux et légèrement ammoniacal, qui rappelle au bleu le papier rougi par le tournesol, mais sans aucun indice de carbonate d'ammoniaque sublimé. Quoique cette matière ne contienne point de soufre, et paraisse bien moins azotée que l'albumine, cependant, traitée par l'acide nitrique, elle fournit de l'acide carbazotique et point d'acide oxalique. J'avais supposé que la portion insoluble du pollen pouvait contenir du ligneux. Au moyen de longues ébullitions dans l'acide acétique concentré et dans la potasse caustique, je suis parvenu, il est vrai, à en dissoudre ou à en détruire la plus grande partie ; mais celle qui a résisté à ces agens, s'est dissoute, comme auparavant, dans l'acide sulfurique concentré, d'où elle était précipitée par l'eau ; elle brûlait d'ailleurs avec beaucoup de flamme, et donnait à la dissolution, en se boursoufflant, un produit légèrement ammoniacal ; elle avait donc les mêmes propriétés que la portion que j'avais enlevée au moyen de l'acide acétique concentré.

MM. Fourcroy et Vauquelin, ayant exposé pendant huit jours sur du papier à filtrer du pollen du dattier dépouillé de sa matière soluble, observèrent qu'au lieu de se dessécher, il prit la forme d'une pâte, et entra rapidement en putréfaction en répandant l'odeur de

vieux fromage. Cette matière fut alors desséchée ; elle devint demi-transparente et d'une consistance semblable à celle de la colle forte. Avant sa dessiccation elle était facilement miscible à l'eau, et présentait les caractères d'un savon (1). Le pollen du typha, traité de la même manière, n'a nullement offert les mêmes phénomènes ; il a répandu, à la vérité, une très-légère odeur putride qui bientôt a disparu ; il s'est ensuite couvert de moisissure, mais sans se ramollir en aucune manière. Je l'ai lavé avec un peu d'eau : la liqueur n'était point sensiblement troublée par l'acide nitrique, et du papier rougi par le tournesol que j'y ai plongé pendant quelque temps, a pris à peine une légère nuance bleuâtre. Cette portion insoluble du typha, ainsi abandonnée à la décomposition spontanée, était tout aussi pulvérulente qu'auparavant. Ayant été délayée avec du sucre et de l'eau et exposée à une douce température, la fermentation ne s'est point établie d'abord ; mais, après plusieurs jours, elle s'est manifestée assez vivement, et il en est résulté une liqueur vineuse qui a fourni de l'alcool.

D'après les principales propriétés que je viens de signaler dans cette substance, ou si l'on veut dans la pollénine du typha, on voit que sa constitution diffère de celle du dattier, en ce qu'elle est beaucoup moins azotée, et pour ainsi dire imputrescible. Quant à la couleur jaune qu'elle retient très-fortement, et qui y est fixée comme sur un tissu, elle lui est tout-à-fait étrangère, puisque je suis parvenu à l'en dégager.

---

(1) Thomson, *Syst. de chim.*

*Incinération du pollen du typha.*

25 grammes de pollen du typha, chauffés dans un creuset de platine, ont brûlé long-temps avec beaucoup de flamme, due en partie à la matière grasse. Il est resté un charbon assez difficile à incinérer, qui a fourni une cendre blanche comme frittée ou à demi fondue, du poids de 0,75 grammes. Traitée à l'eau chaude, cette cendre a donné une lessive alcaline, laquelle, saturée par l'acide acétique, a produit un précipité blanc gélatineux.

Le mélange a été évaporé à siccité et traité par l'alcool qui lui a enlevé 0,1 gramme d'acétate de potasse équivalent au malate de potasse contenu dans le pollen. La portion du résidu salin insoluble dans l'alcool s'est dissous en partie dans l'eau, à l'exception d'une matière blanche, qui pesait 0,09 grammes après avoir été bien lavée et desséchée. Elle s'est presque entièrement dissoute dans l'acide sulfurique affaibli étendu d'alcool, et n'a laissé que quelques traces de sulfate de chaux. Exposée au chalumeau, ou tout simplement à la flamme d'une bougie, elle s'est fondue avec la plus grande facilité en un globule parfaitement incolore et limpide comme le plus beau cristal. Cette matière n'était donc, à ce qu'il paraît, que du phosphate de magnésie retenant justement la quantité de phosphate de chaux nécessaire pour le rendre très-fusible et insoluble dans l'eau (1). La dissolution saline, séparée de la matière dont il s'agit,

(1) Les arts ne pourraient-ils pas tirer parti d'une composition analogue pour la construction des lentilles ou autres objets?

ayant été évaporée, on a chauffé fortement le résidu; il a laissé 0,32 grammes d'un sel neutre, qui, redissous dans l'eau, était précipité en flocons gélatineux par l'eau de chaux. L'acétate de plomb y a formé un dépôt abondant qui a disparu entièrement par l'affusion de quelques gouttes d'acide nitrique; cependant, par le repos, il s'est rassemblé un très-léger sédiment inappréciable de sulfite de plomb. Le nitrate d'argent a produit aussi, dans la même dissolution, un précipité qui ne s'est pas dissous entièrement dans l'acide nitrique. Ce sel était donc du phosphate de potasse retenant un peu de muriate et des traces de sulfate de potasse. Revenons à la partie de la cendre du pollen insoluble dans l'eau. Essayée au chalumeau, elle s'est fondue en un globule d'un blanc laiteux. Elle s'est dissoute presque sans effervescence dans l'acide hydrochlorique, et il est resté 0,02 grammes de silice. L'ammoniaque, versée dans la liqueur suffisamment étendue d'eau, en a précipité toute la matière dissoute sous une forme gélatineuse. Redissoute dans un peu d'acide hydrochlorique, l'acide sulfurique étendu d'alcool en a séparé un peu de sulfate de chaux, et de la liqueur surnageante j'ai obtenu, par la potasse, une quantité notable de magnésie, d'où il suit que la portion insoluble dans l'eau de la cendre du pollen est formée d'une combinaison fusible de phosphate de magnésie et de chaux et de quelques indices de fer.

### RÉSUMÉ.

100 parties de pollen du typha latifolia contiennent :

| | | |
|---|---|---|
| 1°. | Eau. | 47,00 ; |
| 2°. | Pollénine d'une nature particulière.. | 25,96 ; |
| 3°. | Matière colorante jaune | |
| 4°. | Sucre | 18,32 ; |
| 5°. | Matière peu azotée | |
| 6°. | Gomme | |
| 7°. | Suif formé de stéarine et d'oléine... | 3,60 ; |
| 8°. | Amidon | 2,08 ; |
| 9°. | Phosphate de magnésie et de chaux. | 1,28 ; |
| 10°. | Phosphate de potasse, retenant un peu de muriate et des traces de sulfate | 1,28 ; |
| 11°. | Malate de potasse | 0,40 ; |
| 12°. | Silice | 0,40 ; |
| 13°. | Oxide de fer | » » |
| | | 100,00. |

Puisque le pollen du typha contient près de la moitié de son poids d'eau, il est évident que chacun de ses grains est gonflé par un fluide fécondant, lequel n'a point une composition analogue à la liqueur séminale des animaux, puisqu'il est peu azoté, et contient du sucre et de la gomme. Suivant Kœlreuter, les grains de pollen placés sur le stigmate n'éclatent point, mais se flétrissent en laissant échapper lentement la liqueur qui y est contenue. Nous avons vu que le pollen du typha, nouvellement recueilli et renfermé pendant deux ou trois jours dans un flacon bien bouché, s'est humecté

au point que cette poussière, naguère si coulante et si ténue, s'est agglutinée en une masse qui répandait une odeur alcoolique très-marquée.

D'un autre côté, Bernard de Jussieu, Nedham, Spallanzani, Gleichen, Guillemin, Raspail, etc., ont vu les grains de pollen, placés dans quelques circonstances particulières, éclater avec explosion comme de petites bombes, et lancer avec force un jet de matière liquide, dans lequel on voit une multitude de petits globules s'agiter rapidement en tout sens. N'est-il pas très-probable que ces phénomènes ne sont dus qu'à la fermentation de la liqueur sucrée contenue dans les grains de pollen?

Nancy, le 15 août 1829.

---

## Lettre *de M.* Kupffer *à M.* Arago, *contenant la relation d'un voyage au sommet le plus élevé du Caucase* (1).

Monsieur,

Il n'y a pas très-long-temps que je vous ai communiqué le projet que j'avais de me joindre à une expédition militaire aux environs de l'Elbroutz, que le général Emmanouel voulait entreprendre pendant le cours de cet été. Cette expédition a eu lieu au mois de juillet passé. Nous n'avons pas seulement visité la partie la plus

---

(1) Cette lettre a été communiquée à l'Académie, dans sa dernière séance de septembre. Nous nous hâtons de la publier, afin de rectifier, autant qu'il est en nous, les erreurs contenues dans le compte que les journaux en ont rendu.

intéressante du Caucase, où personne n'avait pénétré avant nous ; mais nous avons même été assez heureux pour monter sur l'Elbroutz, dont la hauteur surpasse de 1,000 pieds celle du Mont-Blanc, et que les habitans du pays même croyaient jusqu'ici inaccessible.

Quelques voyageurs, qui ont recueilli des renseignemens sur les approches de l'Elbroutz, ont prétendu qu'il était entouré de marais. Le général Emmanouel, en poursuivant ses victoires sur les Caratchaï, peuplade Tcherquesse, dont les habitations approchent le plus l'Elbroutz, s'était convaincu de la fausseté de cette assertion, et il conçut aussitôt le projet de visiter ces endroits, accompagné de quelques savans, pour examiner la constitution géologique, entièrement inconnue, de ces montagnes, et déterminer la hauteur de l'Elbroutz, s'il était possible d'y monter. L'Académie de Saint-Pétersbourg, à laquelle le général s'adressa à cet effet, saisit avec empressement cette brillante occasion de reculer les bornes de nos connaissances géographiques et physiques, et me chargea de la direction des travaux, en m'associant M. Zenz pour les observations physiques, M. Menetrier pour la zoologie, et M. Meyer de Dorpat pour la botanique. Après nous être rendus aux eaux minérales de Koustantinogorsk, que le général nous avait indiquées comme point de départ, nous montâmes à cheval le 8 juillet, après midi. Quoique la plupart des peuplades Tcherquesses, qui habitent le Caucase, soient maintenant soumises au sceptre russe, on ne peut pénétrer dans ces montagnes sans une bonne escorte. Notre convoi était composé de six cents hommes d'infanterie et trois cent cinquante Cosaques, deux canons, six chameaux pour transporter nos tentes ; plusieurs voitures à deux roues, attelées de bœufs, nous suivaient. Après avoir fait quelques lieues, on chercha une place où il y eût de l'eau, du bois et un bon pâturage pour les chevaux ; on établit le camp, on plaça des vedettes sur les hauteurs d'alentour, et on se coucha sur le gazon. Nous avons mené cette vie nomade durant un mois entier. Pendant tout ce temps, nous n'avons vu aucune habitation, aucun champ cultivé : nos guides Tcherquesses, malgré l'assu-

rance réitérée de nos intentions pacifiques, choisirent toujours des routes qui ne touchaient pas à leurs demeures. Ce n'est que vers la fin de notre tournée, que nous avons vu quelques troupeaux de brebis, qui sont, après les chevaux, la principale richesse de ces peuplades.

Après douze jours de marche et après bien des détours, nous arrivâmes au pied de l'Elbroutz, et nous établîmes notre camp sur les rives de la Malka, qui prend sa source au pied de l'Elbroutz même. Le lendemain, le 21 juillet (nouveau style), le général monta sur une des élévations qui environnaient notre camp, afin de reconnaître la route que nous devions prendre, pour arriver, s'il était possible, sur le sommet de la montagne. Aussitôt qu'il fut revenu, il assembla autour de lui les Cosaques et les Tcherquesses qui devaient nous accompagner; il promit des récompenses considérables à celui d'entre eux qui atteindrait le premier le sommet. Nous nous mîmes en route à dix heures du matin. Après avoir traversé le Malka, nous nous vîmes déjà obligés de renvoyer nos chevaux; car nous marchâmes sur un amas de rochers, de sorte qu'on ne pouvait avancer qu'à pied, en grimpant et en sautant de bloc en bloc. Les fantassins et les Cosaques, qui formaient notre convoi, furent chargés de nos effets et d'un peu de bois pour nous chauffer pendant la nuit; après six heures de marche, c'est-à-dire, à quatre heures, nous arrivâmes enfin à la limite des neiges.

La chaîne centrale du Caucase est entièrement formée de porphyre. Figurez-vous un plateau de 8 à 10,000 pieds d'élévation, allongé dans la direction de l'est à l'ouest, déchiré dans toutes les sens par des vallées étroites et profondes, traversé au milieu et selon sa longueur par une crête de rochers escarpés qui présentent un aspect pittoresque et dont les sommets sont couverts d'une neige éternelle; formez sur cette crête, à peu près sur la moitié de sa longueur, une excavation très-large et peu profonde, dont le milieu soit occupé par un cône, qu'on croirait entièrement composé de neige, si l'on ne voyait pas, par-ci par-là, paraître à nu le roc qu'elle

recouvre : c'est l'Elbroutz, dont la hauteur surpasse de 3 à 4,000 pieds celle de toutes les montagnes environnantes. Nous passâmes la nuit au pied de ce cône, dans un petit fond, abrité par des blocs énormes de porphyre noir à taches blanches, au milieu duquel il s'était formé un petit amas d'eau de neige; pas une trace de verdure ; à peine quelques lichens tapissent les rochers.

Le lendemain matin, le 22 juillet, nous nous levâmes à trois heures. Le thermomètre était tombé jusqu'au point de la congélation ; le ciel était parfaitement clair, ce qui paraît arriver fort rarement dans ces contrées ; car, pendant tout notre voyage, nous avons vu la chaîne centrale presque constamment couverte de nuages. Après avoir marché un quart d'heure, nous nous trouvâmes sur la neige. Au commencement, la pente n'était pas très-rapide, et nous avançâmes avec facilité, nous aidant de temps en temps de nos bâtons ferrés ; mais bientôt la montée devint si difficile, que nous fûmes obligés de pratiquer des gradins dans la neige qui était encore assez ferme pour nous porter.

Les phénomènes qui frappent l'imagination du voyageur dans ces hautes régions, sont trop connus pour que j'aie besoin de vous en retracer ici le tableau ; d'ailleurs, dans un premier essai où l'on ne sait pas d'avance si l'on atteindra le sommet et si l'on pourra s'y arrêter quelques heures, on n'emporte pas beaucoup d'instrumens avec soi. Nous n'étions munis que d'un baromètre, d'un thermomètre, et d'un appareil pour l'intensité des forces magnétiques terrestres, dont nous n'avons pas pu nous servir. Tous ceux qui se sont élevés à de grandes hauteurs savent combien la lassitude qu'on éprouve est accablante, à cause de la ténuité de l'air : il faut se reposer presqu'à chaque pas ; nos yeux s'enflammaient, nos figures et nos lèvres étaient brûlantes : il a fallu, après notre retour, plusieurs jours pour nous remettre. Il est vrai que nous fûmes amplement récompensés par la vue de la vallée, lorsque le soleil eut dissipé les nuages qui la couvrait le matin, et par l'aspect d'un ciel pur et d'une couleur bleue foncée.

Vers le sommet, l'Elbrouz présente une série de rochers nus, formant une espèce d'escalier qui en facilite beaucoup la montée. MM. Menetrier, Meyer, Bernadazzi (architecte, demeurant actuellement aux eaux minérales, qui nous a accompagnés dans toutes nos courses), et moi, nous nous sentîmes tellement épuisés de fatigue, que nous résolûmes de nous reposer pendant quelques heures, pour reprendre notre marche avec de nouvelles forces; mais, en attendant, la neige se ramollit tellement par la chaleur du soleil, dont les rayons dardaient perpendiculairement sur sa surface, qu'en différant notre retour, nous aurions risqué de nous précipiter dans les abîmes que la neige gelée recouvrait seulement comme un pont léger. M. Zenz, qui avait continué sa marche sans s'arrêter, atteignit le dernier échelon des rochers dont je viens de vous parler. Il ne se vit séparé du sommet que par un intervalle de neige; les mêmes raisons qui nous déterminèrent à retourner, l'empêchèrent également d'avancer : et de quinze à vingt personnes (en comptant les Cosaques et les Tcherquesses qui nous accompagaient) qui avaient tenté de monter, il n'y en eut qu'une seule qui atteignit le sommet : ce fut un Tcherquesse (cirassien), nommé Krillar, qui s'y était pris de meilleure heure, et qui avait mieux profité de la gelée du matin.

Nos Tcherquesses, qui nous avaient conseillé de retourner, avaient dit la vérité : la descente fut très-difficile; nous enfonçâmes à chaque pas; il fallut s'avancer avec la plus grande précaution, et choisir les endroits où la neige était encore assez ferme pour nous porter; nous risquâmes à chaque moment d'être ensevelis. A sept heures du soir, nous arrivâmes, par un chemin plus court que celui de la veille, à notre camp sur la rive de la Malka.

M. Zenz, qui s'était chargé des observations barométriques et thermométriques, a trouvé les hauteurs suivantes :

| | Pieds français. |
|---|---|
| Elévation des eaux chaudes de Konstantinogorsk. | 1,300 |
| ———— de la limite des neiges............. | 10,400 |
| ———— de la première station des rochers... | 13,600 |
| ———— de la station de M. Zenz........... | 14,800 |

En comparant par une bonne lunette à micromètre l'élévation du sommet situé au-dessus de la station de M. Zenz à celle de cette dernière station au-dessus de la première station des rochers, nous avons évalué la première à 600 pieds, de sorte que l'élévation totale de l'Elbroutz peut être fixée à 15,400 pieds. La température de l'air était, à la limite des neiges, de 9°,6 R.; à la station de M. Zenz, de 1°5, tandis qu'elle était, aux eaux minérales, à l'heure de la première observation, de 23°, et à l'heure de la seconde, de 24° R. La première de ces observations donne 680 pieds de différence de niveau pour chaque degré octogésimal; la seconde, 630 seulement.

Un des résultats les plus intéressans que nous croyons avoir obtenus pendant notre voyage, est relatif au décroissement de l'intensité du magnétisme terrestre selon la hauteur. Des observations très-exactes, faites avec une aiguille aux variations diurnes de Gambey, nous ont donné un décroissement de 0",01 sur 24" pour chaque mille pieds d'élévation. Le résultat s'accorde avec celui que M. Gay-Lussac a obtenu dans son ascension aérostatique; car, en supposant que la durée d'une oscillation n'ait pas diminué (comme effectivement M. Gay-Lussac l'a observé) malgré la différence de 40° qu'il y avait entre les températures des deux stations (si je me rappelle bien le nombre), on est forcé d'admettre que le décroissement de l'intensité en raison de la hauteur, doit avoir été, dans cette expérience, égal à l'accroissement de l'intensité en raison de la diminution de température. Mais l'accroissement de la durée d'une oscillation qui s'exécute en 24", est égal, selon mes observations, à 0"0034 pour chaque degré octogésimal, ou à 0"136 pour 40°; ce résultat est trop faible si l'aiguille de M. Gay-Lussac n'était pas si bien trempée que la mienne; c'est l'accroissement de la durée d'une oscillation pour 18,000 pieds, hauteur à laquelle MM. Gay-Lussac et Biot se sont élevés; ce qui donne près de 0"008 pour mille pieds. Je vérifierai encore mes calculs aussitôt que je serai arrivé. Ce résultat est d'autant plus remarquable, qu'il est incompatible avec l'hypothèse d'un noyau magnétique au centre de la terre :

cette hypothèse donne un décroissement beaucoup plus faible. Je vous communiquerai prochainement le détail de nos observations et quelques idées sur la distribution des forces magnétiques dans le globe terrestre qu'elles m'ont suggérées.

Agréez, Monsieur, etc.

Eaux minérales du Caucase,
ce 29 juillet (10 août) 1829.

---

## Procédé *pour obtenir l'oxide de cobalt pur.*

Par M. Quesneville fils.

Je traite directement la mine de cobalt par l'acide nitrique, sans la griller. J'évapore la dissolution à siccité, et je reprends par l'eau. Je précipite alors avec attention par le carbonate de potasse, jusqu'à ce que je m'aperçoive que l'arséniate de cobalt commence à se précipiter à son tour. Je sépare par le filtre l'arséniate de fer qui vient de se précipiter, et je verse dans la liqueur une dissolution d'oxalate acide de potasse. Au bout de quelques heures, tout l'oxalate de cobalt est précipité ; le fer, l'arsenic et presque tout le nickel restent en dissolution. Le précipité, bien lavé, peut être alors traité par l'ammoniaque, d'après le procédé de M. Laugier, si l'on veut avoir l'oxide rigoureusement pur, et il suffira de le traiter à chaud par un peu d'ammoniaque, qui dissoudra en premier l'oxalate de nickel. Dans le cas contraire, la quantité de nickel étant tout-à-fait minime, il ne restera qu'à décomposer l'oxalate de cobalt par le fer, dans un vase ouvert. L'oxide de cobalt qu'on obtiendra ne contiendra ni fer, ni arsenic, et ne sera souillé que par quelques traces de nickel.

(*Journ. de Pharm.*, t. xv, p. 291 et 411.)

---

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL | VENTS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | à midi. | à midi |
| 1 | 753,76 | +13,2 | 89 | 753,72 | +14,5 | 84 | 753,44 | +15,2 | 84 | 753,62 | +14,0 | 84 | +15,2 | +13,0 | Pluie. | N |
| 2 | 754,40 | +16,3 | 82 | 754,63 | +17,3 | 71 | 754,90 | +19,0 | 68 | 757,22 | +14,8 | 80 | +19,0 | +13,0 | Pluie fine. | N. O. |
| 3 | 760,40 | +14,4 | 78 | 760,44 | +17,7 | 63 | 760,40 | +18,1 | 58 | 760,13 | +12,8 | 78 | +18,1 | +12,7 | Eclaircies. | N. E. |
| 4 | 757,92 | +17,0 | 75 | 757,43 | +19,0 | 62 | 756,72 | +17,5 | 57 | 756,68 | +10,8 | 70 | +19,0 | + 9,0 | Nuageux. | O. |
| 5 | 752,50 | +14,0 | 79 | 751,30 | +18,2 | 75 | 750,24 | +16,5 | 80 | 748,65 | +14,2 | 90 | +18,2 | + 9,7 | Couvert. | S. |
| 6 | 748,64 | +19,0 | 77 | 748,10 | +19,5 | 79 | 746,80 | +17,3 | 90 | 757,70 | +15,5 | 90 | +19,5 | +13,5 | Pluie fine. | S. |
| 7 | 752,35 | +17,5 | 75 | 752,00 | +19,0 | 69 | 750,75 | +20,7 | 60 | 749,54 | +14,5 | 90 | +20,7 | +12,0 | Nuageux. | S. |
| 8 | 750,04 | +17,8 | 74 | 750,50 | +19,3 | 67 | 750,05 | +18,8 | 62 | 751,24 | +15,0 | 78 | +19,3 | +12,5 | Nuages. | S O. |
| 9 | 752,78 | +18,2 | 71 | 752,22 | +19,5 | 65 | 751,42 | +19,5 | 70 | 750,06 | +16,5 | 83 | +19,5 | +11,6 | Pluie fine. | S. O. |
| 10 | 745,77 | +17,0 | 82 | 745,15 | +21,5 | 70 | 744,60 | +20,8 | 68 | 744,44 | +17,5 | 80 | +21,5 | +14,2 | Couvert. | S. très-fort. |
| 11 | 750,57 | +15,7 | 71 | 752,48 | +17,7 | 59 | 753,03 | +18,0 | 53 | 752,47 | +13,7 | 79 | +18,0 | +13,7 | Eclaircies. | O. |
| 12 | 752,[illegible]7 | +16,2 | 74 | 752,18 | +17,3 | [illegible] | 751,20 | +17,8 | 69 | 750,72 | +14,0 | 78 | +18,0 | +12,0 | Couvert. | S. O. |
| 13 | 749,23 | +16,5 | 75 | 747,70 | +18,7 | 65 | 745,68 | +19,0 | 63 | 740,70 | +12,8 | 88 | +19,0 | + 9,4 | Nuageux. | S. O. |
| 14 | 739,30 | +15,0 | 74 | 739,94 | +16,5 | 66 | 741,16 | +12,3 | 68 | 745,35 | +10,3 | 88 | +16,5 | + 9,3 | Nuageux. | O. S. O. |
| 15 | 752,40 | +13,7 | 79 | 753,36 | +16,5 | 64 | 754,40 | +15,0 | 64 | 756,56 | +10,2 | 65 | +16,5 | + 8,4 | Eclaircies. | O |
| 16 | 751,43 | +13,5 | 86 | 750,00 | +16,8 | 76 | 748,36 | +18,3 | 78 | 747,87 | +15,1 | 90 | +18,3 | +11,3 | Nuageux. | S. S. O. |
| 17 | 751,80 | +14,0 | 85 | 753,34 | +16,5 | 63 | 753,80 | +16,2 | 62 | 752,50 | +12,2 | 89 | +16,5 | +12,2 | Nuageux. | N. |
| 18 | 741,50 | +14,1 | 85 | 740,16 | +17,5 | 80 | 739,60 | +16,8 | 73 | 742,00 | +13,1 | 82 | +17,5 | +11,7 | Petites éclaircies. | S |
| 19 | 744,36 | +15,2 | 83 | 745,40 | +17,2 | 75 | 746,60 | +16,2 | 76 | 749,60 | +10,7 | 88 | +17,2 | +11,7 | Eclaircies. | S. O. |
| 20 | 753,05 | +12,7 | 90 | 754,25 | +14,5 | 77 | 754,83 | +14,2 | 67 | 755,65 | + 9,5 | 86 | +14,5 | + 7,4 | Couvert. | N. O. |
| 21 | 755,00 | +12,7 | 82 | 754,48 | +14,7 | 73 | 754,15 | +15,0 | 76 | 757,38 | +11,8 | 88 | +15,[illegible] | + 9,0 | Il bruine. | S. O. |
| 22 | 755,18 | +15,0 | 74 | 754,70 | +17,2 | 70 | 753,53 | +17,5 | 60 | 753,13 | + 8,8 | 82 | +17,5 | + 8,0 | Eclaircies. | S. E. |
| 23 | 752,85 | +12,7 | 83 | 752,73 | +16,7 | 65 | 752,75 | +17,0 | 59 | 754,10 | +12,5 | 80 | +17,5 | + 8,2 | Légèrement couvert. | S. O. |
| 24 | 755,38 | +11,7 | 90 | 755,56 | +12,7 | 85 | 755,80 | +15,7 | 70 | 757,58 | +10,7 | 86 | +15,7 | +10,7 | Couvert. | N. N. O. |
| 25 | 759,47 | +12,7 | 84 | 759,69 | +15,4 | 70 | 759,61 | +16,5 | 59 | 761,70 | +10,3 | 82 | +16,5 | + 7,5 | Très-nuageux. | O |
| 26 | 763,71 | + 9,5 | 89 | 763,98 | +12,7 | 80 | 763,14 | +15,5 | 70 | 762,85 | + 9,0 | 85 | +15,5 | + 7,5 | Vaporeux. | N. O |
| 27 | 759,38 | +13,1 | 82 | 758,16 | +14,5 | 78 | 756,06 | +13,5 | 88 | 753,90 | +11,5 | 90 | +15,5 | + 9,0 | Pluie. | S. O. |
| 28 | 755,15 | +12,5 | 82 | 754,64 | +15,5 | 67 | 754,63 | +12,7 | 70 | 755,20 | + 7,1 | 86 | +15,5 | + 6,5 | Couvert. | O N. O. |
| 29 | 756,45 | + 9,0 | 84 | 756,45 | +13,7 | 77 | 755,94 | +13,0 | 54 | 757,62 | + 9,0 | 81 | +13,7 | + 3,7 | Très-nuageux. | S. |
| 30 | 760,75 | +10,0 | 82 | 760,51 | +14,1 | 65 | 759,33 | +15,5 | 62 | 759,41 | +11,7 | 84 | +15,5 | + 4,2 | Petits nuages. | N. E. |
| 1 | 752,86 | +16,4 | 78 | 752,55 | +18,6 | 69 | 751,93 | +18,3 | 75 | 752,87 | +14,6 | 82 | +19,0 | +12,3 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 748,64 | +14,7 | 80 | 748,89 | +16,9 | 69 | 748,87 | +16,4 | 67 | 749,34 | +12,2 | 83 | +17,2 | +10,7 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 10,880 |
| 3 | 757,33 | +13,9 | 83 | 757,09 | +14,8 | 73 | 756,49 | +15,2 | 67 | 757,29 | +10,2 | 84 | +15,8 | + 7,4 | Moyenn. du 21 au 30. | Terrasse, 10,385 |
| | 752,94 | +15,0 | 81 | 752,84 | +16,8 | 70 | 752,43 | +16,6 | 70 | 753,17 | +12,3 | 83 | +17,3 | +10,1 | Moyennes du mois, | + 13,7. |

## Sur quelques Combinaisons du brome, et sur sa préparation.

Par Mr C. Löwig.

*Bromide (perbromure) de mercure, et oxide de mercure.* Le bromide de mercure dissout à chaud l'oxide de mercure, et par le refroidissement il se sépare un sel en grains cristallins d'un jaune citron. On obtient la même combinaison en précipitant le bromide de mercure avec une quantité insuffisante de potasse ou de soude, et en faisant bouillir le précipité avec la liqueur surnageante. Il paraît qu'on peut l'obtenir encore en décomposant le bromide de mercure par l'ammoniaque. La chaleur la décompose; de l'oxigène se dégage, et il se volatilise du bromide et du bromure de mercure qu'on peut séparer facilement par l'alcool; il reste de l'oxide de mercure dans le vase distillatoire. Cette combinaison est insoluble dans l'eau froide; mais elle se dissout un peu dans l'eau bouillante, et s'en sépare par le refroidissement en petites aiguilles d'un jaune citrin. L'alcool la dissout facilement. La potasse et la soude en précipitent l'oxide de mercure; mais l'ammoniaque ne paraît pas la décomposer. Une dissolution de bromide de mercure, exposée au soleil, se décompose en bromure de mercure et en acide hydrobromique, sans doute avec dégagement d'oxigène.

Le sel ammoniac dissout facilement le bromide de mercure. Le carbonate de potasse ou de soude précipite de la dissolution une poudre blanche légère, qui paraît semblable au précipité que produit l'ammoniaque dans une dissolution de bromide de mercure; ce précipité

est probablement analogue au *mercurius præcipitatus albus*.

*Bromate et bromide de mercure*. On obtient aisément ces deux sels en faisant agir ensemble de l'oxide de mercure, du brome et de l'eau ; on les sépare l'un de l'autre au moyen de l'alcool qui ne dissout que très-peu de bromate.

*Bromure de plomb*. Le minium, mis en digestion avec du brome et de l'eau, produit du bromure et de l'oxide puce de plomb. En filtrant la liqueur, après l'avoir chauffée, le bromure cristallise en aiguilles blanches éclatantes. Ses propriétés sont semblables à celles du chlorure de plomb.

L'iodate de potasse donne, avec le sulfate d'oxidule de fer, un précipité d'un rouge brun, soluble dans une grande quantité d'eau ; mais le bromate de potasse ne précipite ni le sulfate de fer, ni le sulfate de cuivre.

*Bromate d'argent*. Il est soluble dans l'ammoniaque, mais non dans l'acide nitrique ; il déflagre sur les charbons comme le salpêtre.

*Bromate de potasse*. Un mélange de ce sel avec du soufre s'enflamme au moyen de l'acide sulfurique, ou par le choc.

*Hydrate de brome*. Il se forme très-facilement, à une température de 4 à $6^{b}$, en faisant passer de la vapeur de brome dans un tube mouillé d'eau ; en un quart d'heure, tout le tube est rempli d'hydrate.

*Bromure de potasse*. Le brome se comporte exactement avec le carbonate de potasse comme le chlore. La combinaison de ces deux corps détruit presque aussi promptement les couleurs que celle du chlore, et les

acides affaiblis en dégagent le brome. La potasse caustique donne des produits différens ; elle forme instantanément du bromate de potasse et du bromure de potassium, et n'a pas la propriété de détruire les couleurs ; mais, aussitôt qu'on ajoute un acide, il se dégage du brome.

J'ai fait beaucoup d'essais, mais en vain, pour obtenir une combinaison de brome et d'oxigène au-dessous de l'acide bromique ; néanmoins on peut supposer, comme Berzelius l'a fait pour le chlore, que, dans certaines circonstances, il se forme d'abord du bromite de potasse et du bromure de potassium, et que la première combinaison se maintient jusqu'à ce que l'alcali soit saturé à un certain point, époque à laquelle le bromite se transforme en bromate et en bromure. Si cette hypothèse est vraie, il ne doit point se former de bromate de potasse pendant l'absorption du brome par le carbonate de potasse, ainsi que Berzelius l'a montré pour le chlore.

J'ai commencé par saturer une dissolution de carbonate de potasse avec du bromure de potassium, et j'ai ajouté peu à peu du brome en agitant continuellement. Le liquide prend une couleur jaunâtre, et possède la propriété de décolorer ; il ne s'en dégage pas d'acide carbonique, et l'on voit se précipiter instantanément une grande quantité d'un sel pulvérulent, cristallin, qui, lavé jusqu'à ce qu'il ne décolore plus, est un mélange de bromate de potasse et de bromure de potassium.

Après la séparation du sel, on a ajouté du brome à la dissolution, tant que son odeur a disparu. Il s'est précipité une nouvelle quantité de sel, mais de moins en moins, et le liquide décolorait au plus haut degré. On n'a

point aperçu de dégagement d'acide carbonique. La dissolution conserve long-temps la propriété de décolorer ; mais elle la perd peu à peu à mesure que le gaz carbonique se dégage. Si l'on chauffe, la décomposition marche beaucoup plus vite, comme L. Gmelin l'a déjà observé pour le chlore.

Si l'on ne veut point admettre qu'il se forme d'abord du bromite de potasse, on peut expliquer l'opération de la manière suivante : le brome s'empare d'une portion de potasse, et produit du bromate de potasse et du bromure de potassium ; tandis qu'une partie du carbonate passe à l'état de bicarbonate qui se combine avec une autre portion de brome, et le liquide possède alors la propriété de décolorer. Le bicarbonate résiste quelque temps à l'action du brome ; et, comme la combinaison est très-faible, le brome conserve son odeur et ses propriétés physiques. Si la liqueur est très-concentrée, le bicarbonate cristallise en partie, et du brome est mis en liberté. La moitié du carbonate de potasse se change ainsi en bromure de potassium et en bromate de potasse, et à un certain degré de concentration, ce dernier cristallise en partie. Si l'on abandonne à elle-même ou si l'on chauffe la liqueur décolorante, dont la couleur est jaune clair, et l'odeur tout-à-fait semblable à celle des chlorites alcalins, il se forme une nouvelle quantité de bromate et de bromure.

On obtient un liquide décolorant entièrement semblable au précédent, en combinant du brome avec une dissolution de bicarbonate de potasse. On n'aperçoit pas d'abord de dégagement d'acide carbonique ; mais peu à peu il a lieu, et il se forme du bromate et du bromure.

Il serait difficile de décider comment on doit considérer cette combinaison de bicarbonate de potasse et de brome ; je crois pourtant que le mieux est de la regarder comme une combinaison directe qui, de même que les composés organiques, n'a que peu de stabilité.

*Bromure de chaux.* Cette combinaison a été obtenue en mettant un excès de chaux en bouillie avec du brome. Le liquide, filtré, a une couleur jaunâtre, et décolore à un haut degré. En chauffant, il se dégage du brome et de l'oxigène, et il reste du bromure de calcium. Les acides en dégagent du brome. En un mot, cette combinaison a tous les caractères de celle du chlore avec la chaux.

Le bromate d'argent étant insoluble comme le bromure, j'ai voulu m'assurer si, en précipitant le bromure de chaux par le nitrate d'argent, on obtiendrait ou non du bromate d'argent.

En versant peu à peu du nitrate d'argent dans la dissolution du bromure de chaux, il se fait un précipité qui est gris à cause de l'excès de chaux ; la propriété décolorante diminue à mesure que l'on ajoute le nitrate d'argent, et au moment où il ne se fait plus de précipité, elle a disparu complètement. Il ne se dégage ni brome, ni oxigène ; résultat analogue à celui que Berzelius a obtenu pour le chlorure de chaux. J'ai répété cette expérience un grand nombre de fois, et je n'ai jamais observé ni dégagement d'aucun gaz, ni propriété décolorante après l'entière précipitation par le nitrate d'argent. Comme le nitrate d'argent se comporte avec l'ammoniaque et l'acide nitrique de même que le bromure, je me suis assuré de la présence du bromate de la ma-

nière suivante : le précipité, lavé complètement, a été exposé à une chaleur rouge ; de l'oxigène pur s'est dégagé sans aucune trace de brome ; en outre, un morceau de papier imprégné du précipité et desséché, a déflagré, par la chaleur, comme avec le salpêtre. J'ai remarqué, à cette occasion, qu'une chaleur à peine de 125°, noircit instantanément le précipité.

Il résulte de là que le précipité contient du bromate et du bromure d'argent. Je me suis assuré qu'il est identique du commencement à la fin de la précipitation. 100 parties ont laissé, par la calcination, 8,65 de bromure d'argent.

D'après les expériences qui précèdent, il paraît que le bromure de chaux se change complètement, lorsqu'on y verse du nitrate d'argent, en bromate et en bromure d'argent, et que le liquide ne conserve aucune propriété décolorante. On ne peut, par conséquent, considérer la combinaison du brome avec la chaux comme un bromite de chaux, mais plutôt comme du bromure de chaux.

*Préparation du brome.* Les eaux-mères qui le contiennent sont réduites à un quart de leur volume dans des chaudières de fer, et abandonnées à elles-mêmes plusieurs jours, pendant lesquels la plus grande partie du chlorure de calcium cristallise. Le liquide surnageant, après avoir été étendu d'eau, est mêlé avec de l'acide sulfurique, tant qu'il se produit un précipité. On décante le liquide surnageant, et on soumet le résidu à la presse. On réunit tous les liquides, on les évapore à siccité, et on dissout ce qui reste pour séparer une certaine quantité de sulfate de chaux. On obtient le

brome en traitant la dissolution par l'acide sulfurique et le peroxide de manganèse.

(*Annalen der Physik*, t. xiv, p. 485; extrait.)

---

## Sur *l'Ether hydriodique*.

### Par M. Sérullas.

L'éther hydriodique, dont nous devons la découverte à M. Gay-Lussac, pouvant, comme toute autre combinaison d'iode, et peut-être de préférence, vu l'état particulier dans lequel s'y trouve l'iode, recevoir quelque application en médecine ; j'ai pensé qu'il ne serait pas inutile de faire connaître une deuxième modification que j'ai apportée dans la préparation de cet éther. Le procédé que j'emploie est semblable à celui que j'ai indiqué (*Annales de Chimie et de Physique*, t. xxxiv, p. 95), pour obtenir l'éther hydrobromique ; seulement j'ai observé, depuis, que la proportion du phosphore était trop grande, et qu'elle devait être diminuée de moitié.

Ainsi, on introduit dans une petite cornue, par sa tubulure :

Iode.......... 40 grammes.
Alcool à 38..... 100

On y projette, par petits fragmens et en agitant :

Phosphore....... 2gr.,5 ;

ce qui fait une partie de phosphore sur 16 d'iode.

On distille par ébullition presque jusqu'à la fin : on arrête et on ajoute 25 à 30 grammes d'alcool pour conti-

nuer la distillation, et cesser lorsqu'on est revenu au même point.

De l'eau mêlée au produit distillé en sépare à l'instant l'éther, qui va au fond ; on lave comme de coutume, et l'on redistille sur quelques fragmens de chlorure de calcium.

---

## Sur *la préparation du brome avec l'eau mère de la saline de Schönebeck.*

M. Hermann, qui retire du brome de l'eau mère de la saline de Schönebeck pour le livrer au commerce, avait avancé que le bromure de magnésium, qu'on peut supposer exister dans cette eau mère, n'est point décomposé par l'acide sulfurique, et que ce n'est que lorsqu'on a ajouté du peroxide de manganèse, et que le chlore s'est dégagé, que la décomposition a lieu ; que l'on doit par conséquent commencer par décomposer, au moyen de l'acide sulfurique, les sels existans dans l'eau mère de la saline, distiller l'acide hydrochlorique, et séparer par la cristallisation les nouveaux sels formés, afin d'obtenir une eau mère très-riche en brome. M. Löwig a cherché à prouver au contraire, par des expériences, qu'une dissolution concentrée de bromure de magnésium, aussi-bien que l'eau mère de la saline de Kreuznach, est décomposée par l'acide sulfurique, et que l'on obtient en abondance de l'acide hydrobromique, comme produit de la distillation.

Mais il est évident que, sous le rapport de la préparation du brome, il s'agit seulement de savoir si, par une distillation convenable avec l'acide sulfurique des sels existans dans l'eau mère de la saline, la plus grande

partie du brome reste dans les vaisseaux distillatoires. Or, on a la preuve qu'il en est effectivement ainsi par l'expérience même de M. Hermann, qui, depuis plus d'un an et demi, a préparé par ce procédé le brome qu'il a livré au commerce. Mais, pour nouvelle preuve qu'on peut employer son procédé, M. Hermann a fait les expériences suivantes :

20 livres d'eau mère très-concentrée de la saline de Schönebeck ont été distillées avec 20 livres d'acide sulfurique, d'une densité d'environ 1,520 ; le produit a été à peu près 15 livres d'acide hydrochlorique.

Ce produit, saturé avec la craie, a été décomposé par le sulfate de soude. Le liquide, séparé du sulfate de chaux, a été concentré, et l'eau mère surnageante a été chauffée avec de l'acide sulfurique et du peroxide de manganèse. *Il ne s'est dégagé que du chlore.*

Le liquide resté dans la retorte, après la distillation de l'acide hydrochlorique, et qui contenait un grand excès d'acide sulfurique, a été saturé avec du carbonate de magnésie, et l'on a séparé par la cristallisation le sel magnésien qui s'était formé. L'eau mère restante, traitée comme l'eau mère précédente, *a donné aussitôt une quantité considérable de brome.*

Autant que je puis en juger, sans avoir fait moi-même ces expériences, dit Poggendorff à qui nous empruntons cet article, il me semble que le procédé repose sur ce que l'acide hydrochlorique est plus volatil que l'acide hydrobromique, et je crois, d'après cela, que les produits de la distillation varieraient avec la température.

P. (*Annalen der Physik.* XIV. 613.)

---

**Observations** *sur les modifications que subissent les métaux, dans leurs propriétés physiques, par l'action combinée du gaz ammoniacal et de la chaleur.*

Par Mr C. Despretz.

(Lu à l'Académie des Sciences, le 6 avril 1829.)

Les modifications imprimées aux métaux par le gaz ammoniacal à une chaleur rouge, ont été le sujet des recherches des chimistes et des physiciens.

M. Berthollet fils, pour soumettre à l'épreuve de l'expérience une opinion de sir Humphry Davy, d'après laquelle ce célèbre chimiste avait attribué à l'ammoniaque une composition analogue à celle des oxides alcalins, fit passer un courant de gaz ammoniacal sur du fer, porté à une haute température. Il vit que le métal devenait cassant sans augmenter de poids. M. Thenard a reconnu que les métaux (le fer, le cuivre, l'argent, l'or, le platine) jouissent, à des degrés différens, de la propriété de décomposer le gaz ammoniacal; que le fer la possède à un plus haut degré que le cuivre; que celui-ci la possède à un plus haut degré que les trois autres métaux.

M. Thenard ayant trouvé de plus que les gaz azote et hydrogène, provenant de la décomposition de l'ammoniaque, étaient toujours dans le rapport de 1 à 3 en volume, rapport qui existe dans l'alcali, et n'ayant pas apprécié de différence sensible entre le poids du fer et celui de ce métal, altéré par le gaz ammoniacal, en a

conclu que les nouvelles propriétés physiques qu'acquièrent les métaux dans ces expériences, étaient le résultat d'une nouvelle disposition entre leurs particules.

M. Ampère a pensé, à une époque où on n'avait pas trouvé d'augmentation de poids, qu'il se produisait d'abord un azoture, et que ce composé se détruisait quand ses élémens avaient acquis la même température, c'est-à-dire, immédiatement après sa formation.

Pour reconnaître si en effet il se formait un composé particulier, j'ai pris la densité du fer et du cuivre avant et après l'expérience, et j'ai constaté que ces métaux avaient diminué considérablement de densité sans augmenter de poids d'une manière sensible : ainsi la densité du cuivre était réduite de 8,9 à 5,5.

M. Savart fit connaître à l'Académie, le jour où j'adressai le résultat de mes premières recherches à cette Société, quelques expériences qu'il n'avait point publiées, mais dont plusieurs membres présens à la séance avaient eu connaissance.

Dans une Note que M. Savart a publiée depuis sur ce sujet, il rapporte que le cuivre prend un accroissement de poids égal à $\frac{1}{300}$, et le fer seulement $\frac{1}{650}$ d'accroissement, qu'il attribue à la combinaison de l'ammoniaque, ou de l'un de ses élémens, avec le métal. La diminution de densité du cuivre, d'après ce savant, se fait dans le rapport de 8,86 à 7,79, et celle du fer dans le rapport de 7,78 à 7,66.

Dans mes premières expériences, j'admettais que l'accroissement de poids $\frac{1}{500}$ trouvé par M. Thenard était négligeable, et même je pense que le nombre $\frac{1}{300}$ obtenu par M. Savart ne suffirait pas pour convaincre

les chimistes et les physiciens que l'air, ou le carbonate d'ammoniaque, ou la matière huileuse qu'entraîne souvent cet alcali, n'a pas produit l'effet observé.

Afin d'avoir de nouvelles données, j'ai repris mes anciennes expériences, et j'ai toujours obtenu une diminution considérable dans la densité, quoique j'aie souvent trouvé une augmentation de poids inférieure à $\frac{1}{100}$; ce qui montre que la combinaison a toujours lieu entre le métal et l'ammoniaque ou ses élémens.

Ayant soumis le même métal à l'action répétée du gaz ammoniacal, j'ai vu que le fer pouvait prendre jusqu'à 11,5 pour 100 d'augmentation de poids.

Voici le résultat de plusieurs expériences*: 5g,928 de fer deviennent 6,612, ou 100 deviennent 111,538.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9,427...... | 10,102, | ou 100 deviennent | 107,162; |
| 6,587...... | 7,095, | ou 100 .......... | 107,728; |
| 29,960...... | 31,472, | ou 100 .......... | 105,046; |
| 7,955...... | 8,553, | ou 100 .......... | 107,517. |

Ensorte qu'en admettant pour l'atome de fer 33,92 et 8,74 pour celui de l'azote, et en supposant que ce soit de l'azote qui soit absorbé dans ces expériences, le produit le plus azoté serait un sous-azoture.

L'augmentation de poids, fournie par mes expériences, est si considérable comparativement à ce qui a été trouvé par les savans qui se sont occupés du même sujet, qu'on pourra être tenté d'attribuer une partie de l'effet à une oxidation produite soit par l'air, soit par l'eau, soit par l'acide carbonique. Il ne sera donc pas inutile de donner quelques détails sur la manière dont j'ai dirigé l'expérience.

J'ai évité l'action de l'air en faisant passer le gaz am-

moniacal dans le tube de porcelaine contenant le métal, long-temps avant de chauffer ce dernier, et jusqu'à son refroidissement complet; celle de l'eau, en desséchant le gaz par son passage dans un tube de verre d'un pouce de diamètre, d'un mètre de longueur, rempli de chlorure de calcium; enfin l'action de l'acide carbonique, en lavant le gaz ammoniacal par une dissolution de potasse caustique. A la vérité, le chlorure de calcium laisse au gaz, d'après M. Gay-Lussac, une legère quantité de vapeur, mais cette quantité est tellement faible, qu'elle ne doit pas exercer la moindre influence à cause de la présence d'une grande quantité d'hydrogène fourni par la décomposition du gaz ammoniacal pendant toute la durée de l'expérience : cette durée était ordinairement de 6, 7 et même de 8 heures.

Il est d'ailleurs très-facile de reconnaître si le fer a éprouvé une légère oxidation; car sa surface est alors bleuâtre. Toutes les fois qu'il y a eu la plus légère coloration à la surface du métal, le produit a été remis dans le tube de porcelaine, et soumis de nouveau à l'action du gaz ammoniacal, et je n'ai considéré l'expérience comme bonne, que lorsque le fer a eu la blancheur du platine non poli.

Le fer, ainsi traité par le gaz ammoniacal, devient blanc, cassant et même friable, plus léger, moins altérable à l'air et dans l'eau que le fer ordinaire. Il a conservé sa facile solubilité dans les acides et sa vertu magnétique. La densité de ce métal est quelquefois réduite à 5.

Quelle est la cause du changement qui se manifeste dans les propriétés physiques des métaux exposés à l'action du gaz ammoniacal, à une chaleur rouge? C'est

nécessairement l'union durable ou momentanée du métal avec l'un des élémens de l'ammoniaque. Je dis *momentanée*, parce qu'en effet la combinaison d'un métal avec un corps quelconque déplace les molécules du premier, quelque courte que soit la durée de l'union, et conséquemment en change la constitution. Ainsi j'ai constaté plusieurs fois que le fer et le cuivre augmentaient beaucoup de volume sans que le poids augmentât de plus de $\frac{1}{1000}$. Or, d'après toutes les analogies, l'addition d'une aussi faible quantité de matière ne doit pas produire des modifications pareilles à celles qu'on observe dans les expériences dont il est ici question. Ainsi l'acier qui renferme environ $\frac{1}{100}$ de carbone, diffère peu du fer pur par son aspect et par la plupart de ses propriétés physiques. Pour voir jusqu'à quel point la densité et la cohésion d'un métal pur peuvent être altérées par son union momentanée avec un gaz, j'ai oxidé du fer en le chauffant au rouge dans la vapeur d'eau, et je l'ai ramené complètement à l'état métallique par le gaz hydrogène pur à une température trop peu élevée pour en opérer la fusion. Sa force de cohésion était extrêmement affaiblie, et sa densité réduite à 6,18, tandis que celle du fer pur est de 7,79. La perte dans la densité est de $\frac{1}{5}$, quoique le fer ne conserve plus la moindre trace d'oxigène.

Il résulte de là, qu'en supposant qu'on ne trouvât pas d'augmentation de poids, il n'en faudrait pas conclure qu'il n'y a pas eu de combinaison ; mais on devrait tirer la conséquence que la combinaison a été détruite à une température à laquelle le métal n'est pas assez chauffé pour entrer en fusion.

Maintenant quelle est la matière dont le métal se saisit, dans ces expériences? est-ce de l'oxigène? est-ce du carbone? est-ce de l'ammoniaque ou l'un de ses élémens?

Pour savoir si ce pouvait être de l'oxigène, j'ai traité à une température rouge, un poids connu de fer ammonié par le gaz hydrogène; ce gaz était desséché avant son arrivée sur le métal, et traversait ensuite un tube plein de chlorure de calcium et pesé avec soin : 7g,094 de fer ammonié, se sont réduits à 6g,585 de fer pur, c'est-à-dire, qu'ils ont éprouvé une perte de 0,509, et le chlorure de calcium n'a augmenté de poids que de 0g,05. Ainsi l'oxigène ne fait pas la $\frac{1}{10}$ partie de la matière qui s'est fixée sur le fer. D'autres expériences ont donné une quantité d'eau beaucoup moindre. Nous ajouterons que l'eau pure à travers laquelle s'échappait le gaz hydrogène, qui servait à la réduction du fer, avait acquis la propriété de verdir le sirop de violette, ce qui prouve qu'il s'était formé de l'ammoniaque. Il est probable, d'après cela, que la substance qui est absorbée est de l'azote.

Les expériences suivantes changent cette probabilité en certitude.

Du fer ammonié, traité par de l'acide sulfurique, a donné du gaz hydrogène mêlé d'azote. Le métal était introduit dans un bocal complètement rempli d'eau acidulée afin d'éviter la correction exigée par la présence de l'air, et qui aurait pu occasioner des erreurs. J'ai trouvé de cette manière jusqu'à 6 d'azote pour 100 du gaz dégagé.

Tous les échantillons de fer qui ont augmenté de poids

par l'action du gaz ammoniacal, ont fourni de l'azote pendant leur dissolution dans les acides.

Je dois faire observer que le volume de gaz dégagé (hydrogène et azote) est moindre que le volume obtenu avec un égal poids de fer pur : ce qui tient à ce qu'il se forme de l'ammoniaque, dont la production est facilitée par la présence de l'acide.

En évaporant la liqueur renfermant l'excès d'acide et le chlorure de fer, et mélangeant le résidu avec de la chaux vive, on en dégage de l'ammoniaque en grande abondance.

Le gaz absorbé ne peut être l'hydrogène ni le gaz ammoniacal ; car, dans le premier cas, le volume de gaz hydrogène dégagé serait plus grand que celui qu'on recueille avec du fer pur. Dans le second cas, il lui serait égal, tandis que nous trouvons qu'il est moindre.

Il n'est pas permis d'attribuer au carbone une partie notable de l'accroissement de poids, puisque le résidu du carbure de fer que laisse le fer pur est sensiblement le même que celui que laisse le fer ammonié. Cependant, comme les résidus diffèrent dans leur aspect, je les examinerai.

Tout ce qui précède est relatif au fer.

Le cuivre est bien plus altéré dans ses propriétés physiques ; la diminution de densité qu'il éprouve peut être de plus de $\frac{1}{3}$, puisque j'ai trouvé cette densité de 5,5 ; il devient plus écailleux, plus poreux, et prend des teintes plus variées ; il est gris, jaune, verdâtre, orangé, rose, pourpre, selon les circonstances : il prend toujours un aspect nacré et cristallin. Malgré une altéra-

tion aussi grande dans ses propriétés physiques, le cuivre retient peu de matières étrangères.

Cependant on est en droit de conclure, de ce qui précède, que le cuivre se combine avec une quantité notable d'azote, mais qu'il abandonne bientôt ce gaz, et que ses molécules restent à une assez grande distance pour que la densité, la cohésion, l'action sur la lumière, soient modifiées : quant au platine et à l'or, ils n'éprouvent aucune altération sensible.

Il est bien démontré, je crois, par ces expériences, que l'altération qu'apporte l'action du gaz ammoniacal dans les propriétés des métaux, tient à la combinaison durable ou instantanée entre l'azote et ces métaux.

A l'époque où M. Thenard faisait ses expériences, on cherchait l'explication des phénomènes qui nous occupent, dans les différences qu'offrent les métaux sous le rapport de leur conductibilité. On était étonné de voir le fer moins bon conducteur que le cuivre, l'argent, l'or et le platine, agir beaucoup plus efficacement que ces quatre métaux pour décomposer le gaz ammoniacal à l'aide de la chaleur. On n'avait alors que l'ordre de conductibilité d'après Ingenhoutz. On voit, par la table des rapports des pouvoirs conducteurs que j'ai eu l'honneur de présenter, il y a quelques années, à l'Académie, que la conductibilité ne joue ici qu'un rôle tout-à-fait secondaire, et que l'affinité du métal pour l'azote a la plus grande part dans le phénomène.

Si on rapproche ces expériences de celles qu'ont faites MM. Gay-Lussac et Thenard sur le potassium et le sodium, on est, en quelque sorte, autorisé à prédire la

manière dont se comporteraient tous les métaux bien caractérisés.

J'ai voulu d'abord m'occuper de la question physique, qui est la plus importante; l'autre n'est qu'une question de détails.

Cependant je me propose de soumettre tous les métaux aux mêmes essais auxquels j'ai soumis le fer, le cuivre, l'or et le platine.

Les expériences que je viens d'avoir l'honneur de présenter à l'Académie font naître une question qui a déjà été débattue, mais qui est restée indécise : je veux parler de la composition élémentaire de l'ammoniaque. Cette base est-elle analogue aux bases oxidées, c'est-à-dire, est-elle formée d'un métal et d'oxigène, ou, en d'autres termes, l'azote est-il un corps oxidé ?

Sir H. Davy avait d'abord émis cette opinion, à laquelle il était naturellement conduit par l'analogie. M. Berzelius l'adopta, et calcula même la quantité d'oxigène que devaient contenir l'azote et l'hydrogène. Des chimistes, dont l'opinion est sans doute d'un grand poids dans la science, ont rejeté cette opinion, et ont considéré l'azote et l'hydrogène comme des corps simples. Mais des physiciens et des chimistes d'un mérite éminent n'ont pas osé se prononcer d'une manière absolue. Enfin d'autres soutiennent l'hypothèse d'après laquelle l'ammoniaque est analogue par sa composition aux alcalis, la potasse, la soude, etc.

Aussitôt que j'aurai des expériences décisives, j'aurai l'honneur d'en faire connaître les résultats à l'Académie.

**Mémoire** *sur une analogie qui existe entre la propagation de la lumière et celle de l'électricité, ou sur la constance des effets des courans électriques forcés de traverser des espaces que parcourent déjà d'autres courans électriques.*

Par M. le professeur Etienne Marianini.

(Lu à l'Athénée de Trévise, le 8 mai 1828, et traduit de l'italien sur le manuscrit communiqué par l'auteur.)

Parmi les admirables propriétés dont est douée la lumière, l'une des premières est certainement la rapidité extraordinaire avec laquelle elle se propage; propriété dont la combinaison avec l'extrême subtilité de ses molécules engendre très-probablement cette autre faculté non moins étonnante, en vertu de laquelle ses rayons se croisent dans leur route, sans éprouver la moindre altération. On sait comment, en présentant l'œil à un petit trou devant lequel s'étend un vaste espace où sont disséminés des objets nombreux et variés, on en saisit distinctement la vue. Cette expérience montre clairement de quelle manière, dans un espace extrêmement petit, peuvent se rencontrer un nombre prodigieux de rayons lumineux, sans éprouver une collision sensible. Un phénomène du même genre, et encore plus surprenant, peut être produit au moyen des miroirs concaves. Disposez-en deux réunis, de sorte que leurs axes optiques se coupent réciproquement, et mettez devant l'un des deux un objet quelconque, une boule

rouge, par exemple, dans une situation telle que le miroir en réfléchisse l'image à l'endroit où son axe se rencontre avec l'axe de l'autre miroir. Posez en face du second miroir un objet différent, une boule verte, par exemple, de manière à ce que son image vienne également frapper l'endroit où les axes se croisent. Les choses ainsi préparées, si un observateur, dirigeant son regard vers le premier miroir, en parcourt l'axe, il y apercevra l'image de la boule rouge; qu'il suive ensuite de l'œil l'axe du second miroir, il y apercevra l'image de la boule verte, précisément au même endroit où, dans le premier cas, il voyait la boule rouge. Cette expérience nous rend évidente la manière dont les rayons lumineux provenant de deux objets divers peuvent se croiser réciproquement sans éprouver la moindre altération.

Puisque l'électricité ne le cède point à la lumière en promptitude à se propager, présenterait-elle aussi un phénomène analogue à celui que nous venons de citer?

Comme il n'est pas à ma connaissance que quelqu'un ait fait, d'une pareille induction, l'objet d'une étude particulière; en réfléchissant, d'une autre part, qu'on ne peut aujourd'hui réputer inutile rien de ce qui regarde la science de l'électricité, je n'ai pas envisagé comme un travail infructueux, de m'occuper de quelques expériences ayant pour but de faire connaître si les effets des courans électriques viennent à être altérés quand ils sont obligés de traverser des espaces que parcourent déjà d'autres courans électriques.

1°. Pour commencer par les cas les plus simples, ceux dans lesquels deux courans électriques se croisent

à angle droit, je pris un cube de bois de 3 centimètres de côté, dont quatre faces, parallèles deux à deux, étaient munies, dans leur milieu, d'une vis fixant une plaque de métal rectangulaire, longue de 8 centimètres, et ayant un peu moins de 2 centimètres de largeur. Voulant, dans ma première expérience, mettre en opposition deux courans électriques produits par deux électro-moteurs élémentaires et égaux, j'appliquai contre l'une des faces du cube une lame de zinc, et contre la face opposée une lame pareille de cuivre, et je les fis communiquer en serrant, sous les vis qui les fixaient, les extrémités du fil d'un galvanomètre. Les deux plaques offraient, du même côté du cube, une saillie d'environ 6 centimètres. Ce couple étant plongé, à la profondeur de 5 centimètres, dans l'eau légèrement salée, l'aiguille du galvanomètre dévia de 12°. Aux deux autres faces du cube munies de vis, je fixai aussi d'une manière analogue deux plaques semblables, l'une en zinc, l'autre en cuivre, et je les mis en communication, en serrant sous les vis qui les maintenaient les extrémités d'un fil excitateur. Les quatre plaques débordaient la même base du cube d'une quantité égale. Les choses ainsi disposées, je plongeai les deux couples dans le liquide susdit, et la déviation de l'aiguille fut encore de 12°. On voit, par cette expérience, que l'effet d'un couple électro-moteur sur l'aiguille aimantée n'est point altéré quand le fluide électrique, qu'il fait circuler, est forcé de traverser un liquide que parcourt, dans une direction normale à la sienne, un courant électrique engendré par un couple égal au premier.

Au couple électro-moteur communiquant avec le fil

du galvanomètre, j'en ai substitué un autre beaucoup plus faible, formé, comme le précédent, de deux plaques égales en dimensions aux premières ; l'une en étain, l'autre en laiton. J'ôtai le fil excitateur qui mettait en communication les deux autres plaques. Comme dans l'expérience précédente, j'en essayai l'effet électro-magnétique ; j'obtins une déviation d'environ 3 degrés. Je rendis le fil excitateur au couple de cuivre et de zinc, je renouvelai l'expérience, l'effet fut le même.

Les résultats qu'on obtint d'autres expériences semblables, dans lesquelles agirent des courans électriques opposés, produits par deux appareils voltaïques élémentaires, de force égale ou différente, en employant des liquides doués d'une faculté conductrice moindre ou plus grande, présentèrent le même fait.

Dans le but de croiser deux courans, produits, l'un par un appareil élémentaire, et l'autre par un appareil composé, j'enlevai au cube les deux plaques de cuivre et de zinc, mises en communication au moyen du fil excitateur ; j'y substituai deux plaques pareilles en laiton ; je fis communiquer l'une avec le pôle positif et l'autre avec le pôle négatif d'un appareil à couronne de tasses de vingt couples, dans chacun desquels la surface active était d'environ 6 centimètres carrés. L'électro-moteur élémentaire, en communication avec le galvanomètre, était formé de deux plaques, l'une de zinc, l'autre de plomb, adaptées à deux faces opposées du cube, de la manière déjà indiquée. Ayant mis en mouvement les courans électriques en plongeant dans l'eau salée l'extrémité saillante des quatre plaques, l'aiguille du galvanomètre dévia de 10°. Je supprimai les

communications entre les plaques de laiton et les pôles de l'appareil à couronne de tasses ; je rétablis à l'ordinaire la communication du couple de plomb et zinc avec le liquide ; la déviation fut encore la même.

A l'électro-moteur composé de l'expérience que je viens de décrire, j'en substituai un autre, également de vingt couples, dont les plaques avaient une surface presque quadruple. Je répétai l'expérience sans changer l'électro-moteur élémentaire ; j'obtins encore le même résultat.

Je portai l'électro-moteur composé au nombre de cent couples, dans une autre expérience, à 200 ; et néanmoins, en faisant croiser, par ces torrens puissans d'électricité, le très-faible courant engendré par le couple de plomb et zinc, je ne pus altérer les effets de ce dernier courant sur l'aiguille magnétique.

3°. Afin de mettre en opposition les courans électriques de deux électro-moteurs composés, je remplaçai le couple de plomb et zinc par deux autres plaques de laiton, égales à celles dont étaient déjà armées les deux autres faces du cube, et je les mis en communication avec les pôles d'un électro-moteur de dix couples, tandis que la première touchait aussi l'une des extrémités du fil d'un galvanomètre, et que la seconde était réunie à l'autre extrémité de ce même fil ; je produisis la circulation suivant la méthode ordinaire, l'aiguille dévia de 14 deg. Je n'obtins pas un effet différent, lorsque, ayant attendu suffisamment pour que l'appareil eût recouvré l'énergie perdue, je recommençai l'expérience après avoir fait communiquer les deux lames de laiton, appliquées contre les deux autres faces du cube, avec les

pôles d'un autre appareil à couronne de tasses de 10, de 20 ou de 200 couples.

4°. Jusqu'alors j'avais toujours fait circuler en même temps les deux courans qui se coupaient réciproquement ; de là peut-être l'impossibilité de constater l'influence, soit en augmentation, soit en diminution d'action, sur l'aiguille aimantée, exercée par l'un des courans sur l'autre. Pour ce motif, je répétai l'expérience décrite en dernier lieu, en ne développant le courant de l'appareil de 200 couples qu'après que l'aiguille du galvanomètre, mise en mouvement par l'appareil de 10 couples, fût redevenue tout-à-fait immobile ; elle indiquait alors une déviation de 5 degrés. Mais j'eus beau observer avec la plus grande attention l'aiguille aimantée au moment où se manifestait l'action due au second appareil, je n'aperçus point le plus léger mouvement.

J'ai recommencé plusieurs fois cette expérience en opposant, de la manière indiquée, deux courans produits par deux électro-moteurs, qui différaient, ou par la surface des plaques, ou par le nombre des couples, mais toujours avec le même résultat.

5°. Persuadé, par les expériences précédentes, que l'effet d'un courant électrique n'était nullement altéré quand il traversait un liquide que parcourait, dans une direction normale à la sienne, un autre courant électrique différent en quoi que ce soit, je voulus voir si la même chose arrivait aussi quand trois courans électriques se coupaient entre eux à angle droit. Dans ce but, je pris un cube de verre creux, de 3 centimètres de côté ; je fis un trou dans le milieu de chacune de ses

faces ; j'adaptai à l'un de ces trous un bouchon de laiton, laissé mobile afin de pouvoir remplir d'un liquide la capacité intérieure du cube, et je fermai chacun des autres trous d'une petite bande de laiton fixée avec de la cire d'Espagne. Toutes ces bandelettes de laiton, à l'exception du petit bouchon, furent mises en contact avec autant de lamelles de plomb au moyen de quelques petits bouts de laiton. Ayant rempli d'eau le cube, je mis l'une des bandelettes de plomb en communication avec le pôle positif d'un électro-moteur à couronne de tasses de 5 couples, et la bande, qui partait de la face opposée, fut mise en communication avec l'une des extrémités du fil du galvanomètre, tandis que l'autre extrémité communiquait avec le pôle négatif du même électro-moteur ; et l'aiguille dévia de 15 degrés. Ayant supprimé cette circulation, je mis en communication, avec les tasses extrêmes d'un appareil voltaïque de 50 couples, deux autres bandes de plomb tenant à deux faces opposées du cube, en ayant soin de laisser encore pour cela le circuit rompu ; et les bandelettes attenantes à deux autres faces opposées du cube furent plongées dans les tasses extrêmes d'un autre appareil de 50 couples, dans lequel également on n'avait point encore fait circuler le fluide électrique. Les choses étant ainsi préparées, je rétablis la communication avec le fil du galvanomètre dans l'appareil de 5 couples ; en même temps je déterminai les courans électriques dans les deux autres appareils, et l'aiguille dévia de 15 degrés, comme auparavant.

Dans une autre expérience, au lieu de produire les trois courans à la fois, je fis circuler seulement celui de

l'appareil en communication avec le fil du galvanomètre, j'attendis que l'aiguille aimantée cessât d'osciller, sans pour cela rompre le circuit; et, quand je la vis tranquille (la déviation était de 5 degrés), j'établis le circuit électrique dans les deux autres électro-moteurs ; mais l'aiguille, sans faire le plus léger mouvement, conserva sa première position.

Je ne trouvai point de différence aux résultats d'autres expériences dans lesquelles je fis traverser au courant d'un appareil de 5 ou de 25 couples, un liquide où se coupaient à angle droit deux autres courans, mis en mouvement par des appareils de 100 couples.

6°. Afin de pouvoir forcer les courans électriques à se couper sous des angles plus ou moins aigus, en traversant un liquide, je me procurai un tube de verre long de 11 centimètres; le diamètre intérieur avait 1 centimètre : l'une des extrémités était fermée avec une lame de laiton, et l'autre était munie d'un bouchon du même métal. Dans la paroi de ce tube, et dans une direction parallèle à l'axe, on pratiqua trois trous ; le premier était éloigné du deuxième de 2,7 centimètres, et le deuxième du troisième, de la même quantité. Tout-à-fait vis-à-vis ceux-ci, mais de l'autre côté, on en perça trois autres. Nous nommerons les uns *antérieurs*, pour les distinguer des autres que nous désignerons sous le nom de *postérieurs*. Tous ces trous furent bouchés avec de petites lames ou baguettes de laiton, auxquelles, ainsi qu'au bouchon et à la base du tube, furent attachés de petits bouts de plomb pour établir, au besoin, les communications nécessaires avec les pôles des électro-moteurs.

L'appareil étant ainsi disposé, je remplis le tube d'eau salée; je fis communiquer la bande antérieure la plus voisine du bouchon avec le pôle positif d'un électro-moteur de 20 couples, et la bande postérieure la plus rapprochée de la base avec une extrémité du fil du galvanomètre; je mis l'autre extrémité en communication avec le pôle négatif du même électro-moteur : l'aiguille dévia de 15 degrés. Dès que le circuit fut rompu, et que l'aiguille cessa d'osciller, je rétablis cette circulation en même temps que je fis communiquer la bande postérieure la plus rapprochée du bouchon avec le pôle positif d'un autre appareil de 20 couples, et la bande antérieure la plus voisine de la base du tube avec le pôle négatif : l'effet électro-magnétique fut encore le même.

7°. Je forçai le courant qui devait parcourir le fil du galvanomètre à traverser, dans toute sa longueur, le fluide contenu dans le tube, en même temps que deux autres courans électriques se coupaient dans le même fluide sous des angles très-aigus, comme cela avait lieu dans l'expérience précédente, le résultat fut une déviation de 12°; et tel il fut encore, quand je renouvelai cet essai, après avoir suspendu les deux courans dont j'ai parlé.

De ces deux expériences, que j'ai en outre variées de plusieurs manières, concluons donc que deux courans électriques qui se coupent dans un liquide sous des angles très-aigus, ne s'affaiblissent point entre eux, et n'altèrent point l'effet d'un troisième courant qui se croise également avec eux.

8°. Faisant de nouveau parcourir le fil du galvanomètre par l'électricité qui traversait le liquide d'une extrémité à l'autre du tube, je dirigeai en même temps,

au travers du liquide, les trois courans électriques de manière à ce qu'ils fussent tous perpendiculaires à la direction qu'y prenait le courant qui devait agir sur l'aiguille aimantée : dans ce cas encore la déviation fut de 12 degrés.

9°. Avec ce tube, je voulus aussi éprouver si l'action d'un courant électrique sur l'aiguille aimantée s'affaiblissait lorsqu'il passait par un liquide dans lequel se mouvaient parallèlement au premier un ou deux autres courans électriques; mais, attendu le peu d'étendue de liquide à parcourir et la distance quelque peu notable de 2,7 centimètres qui les séparait, je ne crus point ces essais suffisamment décisifs. Je me procurai donc un tube creux en verre, de 5 centimètres de côté, dont l'une des faces était garnie de trois trous munis des bandes métalliques ordinaires, et distans entre eux d'un centimètre; trois autres trous, disposés de la même manière, existaient sur la face opposée. Ayant rempli d'eau ce tube, j'ai pu faire traverser le liquide à trois courans électriques dirigés parallèlement, et dont l'un agissait sur le galvanomètre. Mais, soit que les deux autres courans fussent égaux à ce dernier ou différens, soit qu'ils fussent dirigés dans le même sens que lui, ou dans un sens contraire, la déviation de l'aiguille fut toujours égale à celle qu'on obtenait quand le liquide n'était parcouru que par l'électricité qui affectait l'aiguille aimantée.

Dans de pareilles expériences, il faut faire en sorte que les courans électriques des appareils voltaïques non destinés à agir sur le galvanomètre, ne trouvent pas, dans le conducteur humide qu'ils doivent traverser, un passage plus difficile que celui que leur offre l'électro-

[redacted]



moteur destiné à agir sur le galvanomètre ; autrement, une portion de leur électricité se fait route au travers de l'électro-moteur, et en altère en conséquence les effets.

10°. Jusqu'ici on pourrait encore être incertain si les courans électriques traversant un même conducteur s'altèrent, ou bien s'ils agissent les uns sur les autres de manière à modifier leurs effets, seulement dans la partie où ils courent parallèles à travers un conducteur donné, et non dans les autres parties de ce même conducteur. Pour cela, j'ai voulu essayer de faire parcourir le même fil d'un galvanomètre à deux ou à plusieurs courans électriques. A cette fin, je fixai à l'une des extrémités du fil une lame de plomb oblongue, baignant dans une tasse d'eau ; et dans une autre tasse je mis une seconde lame semblable, liée à l'autre extrémité du fil. Une bandelette de plomb, qui, d'un côté, communiquait avec le pôle positif d'un appareil voltaïque de 25 couples, plongeait dans l'une de ces tasses, et dans l'autre trempait l'extrémité d'une seconde bandelette de même métal, en communication avec le pôle négatif du même électro-moteur. Le résultat fut une déviation de 20 degrés. Le circuit étant rompu, sans déranger pour cela les lamelles de plomb, j'explorai, d'une manière semblable, l'effet d'un second électro-moteur de 50 couples ; j'obtins une déviation de 25 degrés. Je ne suspendis point alors la circulation, et, quand l'aiguille eut cessé d'osciller, la déviation était de 6 degrés. Pour m'assurer si l'électro-moteur de 25 couples produisait encore le même effet, quoique l'electricité de l'appareil de 50 couples parcourût déjà le fil galvanométrique, je tournai la boîte

du galvanomètre, de manière à ce que l'aiguille correspondît encore au zéro de l'échelle ; je rétablis ensuite le circuit dans l'appareil de 25 couples, et l'aiguille dévia juste de 20 degrés, comme précédemment.

Dans cette expérience, les deux courans suivaient le fil du galvanomètre dans le même sens. Je le leur ai fait également parcourir dans un sens contraire ; et les résultats ne présentèrent de différence que dans l'espèce de déviation qui, au lieu d'être orientale, fut occidentale.

Ayant fait parcourir le fil du galvanomètre aux courans électriques de quatre électro-moteurs de 50 couples chacun, celui de 25 couples produisit encore le même effet.

11°. Dans toutes les expériences décrites jusqu'ici, je me servis, ainsi qu'on l'a vu, du galvanomètre comme de l'instrument avec lequel se reconnaissent le plus facilement les petites différences des effets électriques. Ce n'est point à dire pour cela que j'aie négligé les autres effets dus aux électro-moteurs, tels que les saveurs, les secousses, les tensions électriques, etc. ; mais je ne me suis jamais aperçu de quelque différence entre les effets obtenus par un courant électrique traversant un liquide où circulaient d'autres courans, et ceux engendrés par le même courant, lorsqu'une autre électricité ne parcourait point le même conducteur.

12°. Il reste démontré, par les expériences précédentes, que la conductibilité des liquides pour l'électricité n'est point altérée par l'envahissement d'un ou de plusieurs courans de fluide électrique. On trouvera peut-être ces faits plus favorables à la théorie de Franklin

qu'à celle qui considère l'électricité comme composée de deux fluides (1).

Mes vœux seront accomplis, si j'ai démontré que, lorsque deux ou plusieurs courans électriques traversent simultanément un conducteur en s'y croisant d'une manière quelconque, qu'ils soient dirigés tous dans le même sens, ou les uns dans une direction opposée à celle des autres; qu'ils soient produits par des électro-

---

(1) Dans l'examen que j'ai fait des causes qui rendent les appareils électro-moteurs construits d'après la méthode de Novellani et de Wollaston, plus énergiques que les autres, examen que j'ai publié dans mon Essai d'expériences électrométriques, j'ai eu l'occasion de connaître un fait qui s'explique bien plus facilement avec la théorie de Franklin qu'avec celle des deux fluides. Il consiste en ce que, si, dans un couple électro-moteur, la plaque électro-négative plonge davantage dans le liquide, l'effet est plus grand que lorsque c'est la plaque électro-positive qui présente le plus de surface mouillée. Qu'il me soit permis d'ajouter ici un autre fait qui vient également à l'appui de la théorie d'un fluide unique. Prenez une feuille d'étain ou d'un autre métal, de 18 ou de 20 centimètres carrés de superficie, terminée, d'un côté, en bandelette étroite ou queue; plongez cette feuille dans un verre d'eau, et que la queue trempe dans un autre. Dans le verre où baigne la bandelette, placez une autre plaque électro-positive, de zinc, par exemple; et, dans l'autre verre, une plaque semblable, mais électro-négative, par exemple, de cuivre. (Ni l'une ni l'autre de ces plaques ne doit toucher la feuille.) Accouplez ensuite, au moyen du fil galvanométrique, la plaque de zinc avec celle de cuivre, et vous obtiendrez une déviation de peu de degrés; mais plongez alors la

moteurs égaux ou inégaux ; l'un de ces courans n'éprouve, par l'action des autres, aucune altération sensible. Nous avons, dans ce fait, si je ne me trompe pas, une analogie nouvelle et remarquable entre la propagation de l'électricité et celle de la lumière.

---

plaque de cuivre dans le verre où baigne la queue, et la plaque de zinc dans l'autre verre, l'effet sera bien plus notable.

Ce serait en vain que je tenterais d'expliquer ce fait à l'aide de la théorie des deux fluides, puisque, si, d'un côté, lorsque la plaque de zinc se trouve dans le verre où plonge la bandelette, le passage est rendu difficile au fluide vitré, et, au contraire, est facilité au fluide résineux ; de l'autre, quand le cuivre remplace le zinc, et ce dernier le cuivre, le passage est rendu difficile à l'électricité résineuse et facile à l'électricité vitrée. Il n'y a donc pas de raison pour que les effets soient différens. Mais, en admettant la théorie d'un fluide unique, on conçoit bien comment, dans le premier cas, le fluide électrique qui se répand, comme en rayonnant, dans le liquide, trouve le passage beaucoup plus difficile que dans le second cas : d'où l'effet électro-magnétique, qui, comme on le sait bien, dépend principalement de la rapidité du courant électrique, doit être moindre dans le premier cas, et plus considérable dans l'autre.

---

# MÉMOIRE *sur l'équilibre et le mouvement des corps solides élastiques et des fluides* (1).

PAR M. POISSON.

(Lu à l'Académie des Sciences, le 12 octobre 1829.)
(Extrait.)

DANS les deux Mémoires que j'ai lus à l'Académie, l'un sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques, l'autre sur l'équilibre des fluides, j'ai supposé ces corps formés de molécules disjointes, séparées les unes des autres par des espaces vides de matière pondérable, ainsi que cela a effectivement lieu dans la nature. Jusque-là, dans ce genre de questions, on s'était contenté de considérer les mobiles comme des masses continues, que l'on décomposait en élémens différentiels, et dont on exprimait les attractions et les répulsions par des intégrales définies. Mais ce n'était qu'une approximation, à laquelle il n'est plus permis de s'arrêter, lorsqu'on veut appliquer l'analyse mathématique aux phénomènes qui dépendent de la constitution des corps, et fonder sur la réalité, les lois de leur équilibre et de leur mouvement. En même temps on doit s'attacher à simplifier cette analyse autant qu'il est possible, en conservant au calcul toute la rigueur dont il est susceptible dans ses diverses applications. C'est ce motif qui m'a engagé à reprendre en entier les questions que j'avais

(1) Ce Mémoire fera partie du vingtième Cahier du Journal de l'Ecole polytechnique, actuellement sous presse.

déjà traitées dans les Mémoires précédens. Mes nouvelles recherches ne m'ont conduit à aucun changement dans les résultats ; mais je n'ai rien négligé pour rendre plus simples, et quelquefois plus exactes, les considérations sur lesquelles je m'étais appuyé, surtout dans la partie relative à l'équilibre des fluides.

Je m'étais seulement occupé de leur équilibre, et non de leur mouvement, dans le second de ces Mémoires. Dans celui-ci, j'ai calculé d'une manière nouvelle la pression exercée par les fluides en mouvement : j'ai trouvé que cette pression n'est pas la même en tous sens, comme dans le cas de l'équilibre ; mais à cet égard on doit observer que la propriété de presser également suivant toutes les directions autour de chaque point, n'a été reconnue par l'expérience, que dans les fluides en repos, et que c'est par analogie qu'on l'a étendue aux fluides en mouvement. Or, en réfléchissant sur la constitution intime des fluides, et sur les actions de leurs molécules, auxquelles sont dûes les pressions qu'ils exercent, on est conduit à penser qu'il doit exister, sous ce rapport, une différence essentielle entre l'état d'équilibre et l'état de mouvement ; et, par exemple, on peut croire que c'est cette différence qui se manifeste dans le fusil à vapeur, où le fluide exerce à la fois une pression immense sur le projectile et une pression latérale beaucoup moindre sur l'intérieur du canon.

Les équations du mouvement des fluides que j'ai obtenues ne sont pas les mêmes que celles qui se déduisent des équations de l'équilibre, combinées avec le principe de D'Alembert. Elles conviennent également

aux liquides et aux fluides aériformes ; les unes sont relatives à leur intérieur, et les autres à leur surface libre ou en contact avec une paroi solide. On pourra les appliquer au mouvement des fluides contenus dans des tuyaux qui en diminuent la vitesse par l'action des parois sur les molécules voisines. Il sera bon aussi d'avoir égard aux nouveaux termes que j'y ai introduits, dans la comparaison exacte de la vitesse du son observée à l'air libre, avec celle qui se conclut du ton des instrumens à vent, et qui diffère sensiblement de la première, d'après les expériences récentes de M. Dulong. Mais il faudra surtout en tenir compte, lorsqu'il s'agira des vibrations encore plus rapides de l'éther, auxquelles on attribue les phénomènes de la lumière, dans le système des ondes. Ces termes dépendront de la durée de chaque vibration; et, pour cette raison, leur considération pourra servir à lever une des plus grandes difficultés que présente le système des ondes lumineuses, et qui est relative à l'inégale réfrangibilité des différens rayons. En effet, dans ce système, les couleurs, comme les notes de la gamme, diffèrent entre elles par les nombres de vibrations auxquels elles répondent. Or, les équations ordinaires du mouvement des fluides ne contenant que leur densité et leur force élastique, il était difficile de comprendre comment des ondes ou des rayons de couleurs diverses pouvaient éprouver des effets différens, en passant d'un milieu dans un autre; mais cette difficulté s'évanouit, si les équations du mouvement renferment, outre les données relatives aux deux fluides successifs, une quantité spéciale pour chaque rayon lumineux. Je me contente maintenant d'indiquer cette considération,

en me réservant de la développer convenablement par la suite. Le but unique que je me suis proposé dans le Mémoire que je présente aujourd'hui à l'Académie, est de former les équations générales de l'équilibre et du mouvement, soit des corps élastiques, soit des liquides et des fluides aériformes, et de les mettre, autant qu'il a dépendu de moi, à l'abri de toute difficulté, afin qu'elles puissent fournir une base certaine aux nombreuses applications dont elles sont susceptibles. J'entreprendrai de faire ces applications avec d'autant plus de confiance, que déjà M. Savart, outre les importans résultats dont il a enrichi la science, a aussi confirmé par ses expériences, ceux que j'avais obtenus dans mon premier Mémoire et dans la Note qui l'avait précédé (1), sur la torsion des verges cylindriques, sur les rapports des tons que rend une même verge, dans ses vibrations transversales, tournantes ou longitudinales, et enfin sur les intervalles compris entre les lignes nodales que présente une plaque circulaire en vibration.

J'ajouterai à ce préambule de mon Mémoire l'exposé suivant des principes dont je suis parti, et des considérations que j'ai employées pour calculer les pressions dues aux actions des molécules dans les corps solides et dans les fluides; d'où il m'a été facile ensuite de conclure les équations différentielles de leur équilibre et de leur mouvement.

Toutes les parties de la matière sont soumises à deux sortes d'actions mutuelles : l'une est attractive, indépen-

(1) Tome XXXVI de ces Annales.

dante de la nature des corps, proportionnelle au produit des masses et en raison inverse du carré des distances. Elle s'étend indéfiniment dans l'espace, et produit la pesanteur universelle et tous les phénomènes d'équilibre et de mouvement qui sont du ressort de la *Mécanique céleste*. L'autre est attractive ou répulsive; elle dépend de la nature des particules et de leur quantité de chaleur; son intensité décroît très-rapidement quand la distance augmente, et devient insensible dès que la distance a acquis une grandeur sensible. Le calcul des effets mécaniques de cette seconde force est l'objet général de mon Mémoire.

Les corps sont formés de molécules disjointes, c'est-à-dire, de portions de matière pondérable, d'une grandeur insensible, séparées par des espaces vides, ou des pores dont les dimensions sont aussi imperceptibles à nos sens. Les molécules sont si petites et si rapprochées les unes des autres, qu'une portion d'un corps qui en renferme un nombre extrêmement grand peut encore être supposée extrêmement petite, et la grandeur de son volume, insensible. Cela étant, si d'un point $M$ comme centre et d'un rayon insensible, on décrit une sphère dans l'intérieur d'un corps, qui comprenne un nombre extrêmement grand de ses molécules; si l'on désigne par $\mu$ la somme de leurs masses, par $\nu$ le volume de la sphère, et qu'on fasse

$$\frac{\mu}{\nu} = \rho,$$

ce rapport $\rho$ est ce qu'on appelle la *densité* du corps au point $M$, quelles que soient d'ailleurs l'inégalité de masse des molécules et leur distribution régulière ou

irrégulière dans l'étendue de $v$. De même, en désignant par $n$ le nombre de molécules que $v$ renferme, et faisant

$$\frac{v}{n} = \varepsilon^3,$$

cette ligne $\varepsilon$, de grandeur insensible, sera ce que j'ai appelé l'*intervalle moyen* des molécules qui répond au point $M$.

Indépendamment de la matière pondérable dont elle est formée, chaque molécule renferme en outre une certaine quantité de la substance impondérable à laquelle on attribue les phénomènes de la chaleur. Cette substance est retenue plus ou moins fortement dans la molécule, par l'attraction de la matière pondérable. Une partie s'en échappe à chaque instant sous forme rayonnante; une autre partie, provenant du rayonnement des autres particules, est absorbée ou réfléchie à la rencontre de cette molécule. Nous n'avons point à examiner ici les lois et les causes de cet échange continuel, par suite duquel le *calorique*, propre à une même molécule, peut être constant ou variable. Nous dirons seulement que la quantité de calorique contenue dans le vide doit être regardée comme insensible, eu égard à celle qui s'attache aux particules matérielles; car, d'après une expérience de M. Gay-Lussac, lorsque l'on diminue ou que l'on augmente subitement un espace vide, on ne voit se manifester aucune variation de chaleur, ni dans cet espace, ni dans les corps environnans, contrairement à ce qui arrive, dès que ce même espace contient un peu d'air ou d'un gaz quelconque. Il résulte de là que les forces répulsives que nous considérerons, ne devront

émaner que des points matériels des corps, et nullement des espaces vides qui séparent leurs molécules. Celles-ci peuvent encore renfermer les fluides électriques ou magnétiques; mais nous supposerons qu'ils y sont à l'état neutre, et nous n'aurons égard qu'aux forces moléculaires qui proviennent de l'attraction de la matière pondérable et de la répulsion du calorique.

Cela posé, appelons $m$ et $m'$ les masses de deux molécules voisines, $c$ et $c'$ leurs quantités de calorique, $M$ et $M'$ leurs centres de gravité, $r$ la distance $MM'$, et considérons l'action exercée par $m'$ sur $m$, laquelle est égale et contraire à la réaction de $m$ sur $m'$. Supposons d'abord les dimensions de $m$ et $m'$ très-petites par rapport à la distance qui les sépare; l'action dont il s'agit se réduira alors à une force unique, dirigée suivant la droite $MM'$, et dont l'intensité sera une fonction de $r$ que je représenterai par $R$. En même temps leur répulsion mutuelle sera proportionnelle au produit de $c$ et $c'$, et leur attraction au produit de $m$ et $m'$. En considérant la force $R$ comme positive ou comme négative, selon qu'elle tendra à augmenter ou à diminuer la distance $r$, sa valeur sera l'excès de la répulsion sur l'attraction; et si l'on suppose que l'attraction réciproque de la matière et du calorique qui retient celui-ci dans chaque molécule, s'étend au dehors, il faudra retrancher de cet excès, l'attraction du calorique de $m'$ sur la matière de $m$, et celle de la matière de $m'$ sur le calorique de $m$; lesquelles forces seront proportionnelles, la première à $mc'$ et la seconde à $m'c$. De cette manière, la valeur complète de $R$ sera

$$R = cc'\gamma - mm'\alpha - mc'\beta - m'c\beta';$$

les coëfficiens $\gamma$, $\alpha$, $6$, $6'$, étant des quantités positives : le premier sera indépendant de la nature de $m$ et de celle de $m'$, le second dépendra de l'une et de l'autre, le troisième ne dépendra que de la nature de $m$, et le quatrième de celle de $m'$.

En réunissant les trois derniers termes de $R$ en un seul, on pourra écrire sa valeur sous cette forme :

$$R = Fr - fr.$$

Chacune des deux fonctions $Fr$ et $fr$ n'aura que des valeurs positives ; ces valeurs décroîtront très-rapidement et sans alternative, à mesure que la variable augmentera ; elles deviendront insensibles, pour toute valeur sensible de $r$. Pour une certaine valeur de cette distance, on pourra avoir $Fr = fr$ et $R = 0$ ; le signe de $R$ sera différent en deçà et au-delà, soit que la répulsion $Fr$ l'emporte d'abord sur l'attraction $fr$, et qu'elle décroisse ensuite plus rapidement, soit que le contraire ait lieu à l'égard de ces deux forces ; et l'on verra ci-après que ces deux cas se présentent effectivement dans la nature.

Lorsque les molécules $m$ et $m'$ ne seront pas assez éloignées l'une de l'autre, pour que leur forme n'ait aucune influence sensible sur leur action mutuelle, l'action de $m'$ sur $m$ ne sera plus dirigée nécessairement suivant la droite $MM'$, et il pourra même arriver qu'elle ne se réduise pas à une seule force. Ses composantes seront toujours des fonctions de $r$, qui n'auront de valeurs sensibles que pour des valeurs insensibles de cette variable ; mais elles dépendront, en outre, des angles qui déterminent la direction de la droite $MM'$, par

rapport à des sections fixes dans l'intérieur de $m$ et $m'$ ; en sorte qu'elles varieront, si l'une des molécules vient à tourner autour de l'autre ou sur elle-même, sans que la distance $MM'$ de leurs centres de gravité ait changé. Ce cas général est celui qui a lieu dans les corps solides ; le cas particulier dans lequel l'action moléculaire se réduit à la force $R$, est celui des fluides, ainsi qu'il résulte, comme on l'expliquera plus bas, de la parfaite mobilité de leurs parties.

Dans tous les cas, nous supposerons que la sphère d'activité de chaque point d'un corps, quoique son rayon soit insensible, comprend néanmoins un nombre extrêmement grand de molécules. Cette hypothèse, la seule que j'aie faite dans mon nouveau Mémoire, sera sans doute admise par les physiciens, comme étant conforme à la nature. Elle m'a permis d'exprimer les résultantes des actions des molécules dans l'intérieur des corps, en fonctions des coordonnées de leurs différens points, lors même que les molécules sont disposées et distribuées sans aucune régularité, dans l'étendue de leur sphère d'activité ; ce qu'on doit supposer, en effet, à l'égard des corps qui ne sont pas cristallisés.

Il suit de là que, si l'on considère deux parties $A$ et $B$ d'un corps non cristallisé, qui soient d'une étendue insensible, mais dont chacune comprenne cependant un nombre extrêmement grand de molécules, et qu'on veuille déterminer l'action totale de $A$ sur $B$, on pourra supposer, dans ce calcul, que l'action mutuelle de deux molécules puisse se réduire, comme dans le cas des fluides, à une force $R$, dirigée suivant la droite qui

joint leurs centres de gravité $M$ et $M'$, et dont l'intensité ne sera fonction que de la distance $MM'$. En effet, quelle que soit cette action, on peut la remplacer par une semblable force, qui sera la moyenne des actions de tous les points de $m$ sur tous ceux de $m'$, et que l'on combinera avec une autre force $R'$, ou, si cela est nécessaire, avec deux autres forces $R'$ et $R''$, dépendantes de la disposition respective des deux molécules. Or, cette disposition n'ayant, par hypothèse, aucune sorte de régularité, et les nombres de molécules de $A$ et $B$ étant extrêmement grands et comme infinis, on conçoit que toutes les forces $R'$ et $R''$ se compenseront sans altérer l'action totale de $A$ sur $B$, qui ne dépendra par conséquent que des seules forces $R$. Il faut d'ailleurs ajouter que pour un même accroissement dans la distance, l'intensité des forces $R'$ et $R''$ diminuent plus rapidement, en général, que celle des forces $R$; ce qui contribuera encore à faire disparaître l'influence des premières forces sur l'action mutuelle de $A$ et $B$.

Mais il n'en sera plus de même, lorsqu'il s'agira d'un corps cristallisé, où les molécules seront disposées symétriquement les unes par rapport aux autres, et distribuées avec régularité dans chaque partie qui en contient un très-grand nombre.

Dans mon Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques, cité au commencement de celui-ci, je me suis borné à considérer les corps homogènes et non cristallisés; mais il était facile de voir ce que deviendraient les équations de l'équilibre et du mouvement, dans le cas le plus général. En faisant une énumération complète des coëfficiens dépendans de la nature du corps que

ces équations doivent renfermer, on trouve que leur nombre ne peut pas être réduit à moins de 36, sans restreindre la généralité de la question. Je me suis dispensé de les écrire à cause de leur complication et du peu d'usage dont elles peuvent être; mais on trouvera dans mon nouveau Mémoire un exemple complet du calcul des pressions moléculaires dans un corps cristallisé, dont les molécules sont disposées suivant un mode donné par hypothèse.

En général, si l'on considère les corps comme des masses continues, et qu'on les décompose en élémens différentiels, les composantes de la pression sur un plan passant par un point intérieur $M$, seront exprimées par des intégrales sextuples qu'on pourra réduire à des intégrales triples, et la valeur de chaque force sera proportionnelle au carré de la densité, puisqu'elle proviendra de l'action exercée par tous les points d'une partie du corps située d'un côté du plan sur tous les points d'une autre partie située du côté opposé. Si le point $M$ est placé à une distance insensible de la surface, la pression sur un plan perpendiculaire à la normale, fera équilibre à la pression extérieure; par conséquent, si l'on désigne celle-ci par $H$, on aura

$$H = h\rho^2 ;$$

$\rho$ étant la densité au point $M$, et $h$ un coëfficient dépendant de la nature du corps et de la quantité de chaleur de ses molécules, mais indépendant de son degré de compression. Augmentons la pression $H$, et supposons qu'elle devienne $H + H'$. Supposons aussi qu'on empêche la chaleur de se dissiper, ou qu'on rende

aux molécules du corps la chaleur que la compression leur ferait perdre. La densité $\rho$ variera : nous représenterons par $\rho\,(1+\delta)$ ce qu'elle deviendra ; mais le coëfficient $\delta$ ne changera pas, et nous aurons

$$H+H'=(1+\delta)^2\,h\rho^2\,;$$

d'où l'on conclut

$$H'=(2\delta+\delta^2)\,H.$$

Or, dans les corps solides et dans les liquides, la contraction est très-petite pour une très-grande augmentation de la pression extérieure ; $\delta$ est donc une très-petite fraction, quoique $H'$ soit un très-grand multiple de $H$ ; ce qui rend l'équation précédente impossible. Dans les fluides aériformes, les variations de la densité sont considérables ; et il n'est pas impossible, *à priori*, que la pression y soit proportionnelle au carré de la densité, quand la quantité de chaleur reste la même ; mais l'expérience prouve que cette relation n'a pas lieu dans la nature. En effet, le cas d'une quantité constante de chaleur est celui des condensations et dilatations alternatives qui accompagnent les vibrations sonores et sont si rapides que la chaleur des molécules de l'air n'a pas le temps de se dissiper. Or, on sait que la vitesse du son observée exige que, dans ces variations de densité, la force élastique de l'air ou la pression qui lui sert de mesure, croisse ou diminue plus rapidement que la densité, mais dans un rapport moindre que sa seconde puissance. A la vérité, pour expliquer comment la force élastique varie dans ce phénomène, moins rapidement que le carré de la densité, on suppose que pendant la durée de chaque vibration de l'air, une

partie de la chaleur de ses molécules perd sa force répulsive et devient ce qu'on appelle *chaleur latente*, dont on détermine la quantité d'après la vitesse du son à laquelle on veut satisfaire (1). Mais la supposition que les particules d'une substance matérielle perdent et reprennent, suivant qu'on en a besoin, leur action mutuelle est trop vague pour continuer d'être admise dans la théorie de la chaleur ; et l'explication que nous citons, n'a sans doute été donnée que parce qu'on regardait comme nécessaire la loi de pression proportionnelle au carré de la densité, dans le cas où la quantité de chaleur ne varie pas (2).

Maintenant, en calculant les pressions moléculaires, si l'on a égard aux espaces vides qui séparent les molé-

---

(1) *Mécanique céleste*, tome v, page 121.

(2) On ne saurait admettre qu'il y ait, dans le calorique qui s'attache aux molécules des corps, deux parties distinctes, dont l'une soit douée d'une force répulsive, et l'autre en soit privée, et qui peuvent la perdre ou la retrouver sans qu'on sache ni pourquoi ni comment. Cette force est inhérente aux particules du calorique, et ne peut changer qu'avec leur nombre et leur distance. Chaque molécule d'un corps émet continuellement de la chaleur, qui s'en échappe sous forme rayonnante, et qui en est détachée par l'action répulsive du calorique appartenant aux molécules environnantes et comprises dans une étendue insensible. Une partie de cette chaleur rayonnante est reçue par le thermomètre en contact avec la surface, s'il s'agit d'un solide, ou plongé dans son intérieur, s'il s'agit d'un liquide ou d'un gaz. Réciproquement, le thermomètre émet de la chaleur au dehors. S'il

cules, la pression s'exprimera par une somme qui ne se réduira pas nécessairement à une intégrale. Dans la supposition que les intervalles des molécules sont très-petits par rapport à leur rayon d'activité, on pourra toujours concevoir la valeur de cette somme réduite en série très-convergente, qui procédera suivant les puissances croissantes de l'intervalle moyen, ou, ce qui est la même chose, suivant les puissances décroissantes de la racine cubique de la densité, et dont le premier terme sera la pression qui aurait lieu dans le cas d'une masse continue. J'ai donné, daus ce Mémoire, plusieurs exemples de cette réduction, au moyen de la formule connue d'Euler, pour exprimer les sommes en séries de coëfficiens différentiels, excepté le premier terme qui est une intégrale; formule qu'il a été facile d'étendre à

---

en perd à chaque instant autant qu'il en absorbe, il n'éprouve aucune variation de volume, et l'on dit alors qu'il est en équilibre de température avec le corps auquel on le compare. La température d'un corps, mesurée par les degrés du thermomètre, n'est donc autre chose que l'indication du rayonnement de ce corps. C'est un résultat composé qui dépend de la quantité de chaleur de ses molécules et de leur rapprochement plus ou moins considérable; quand l'une de ces données varie seule, la température doit aussi changer; mais quand elles varient toutes deux à la fois, c'est-à-dire, quand on introduit ou qu'on enlève de la chaleur, et qu'en même temps le corps se dilate ou se condense, il peut arriver que la température reste la même, sans que l'on soit en droit d'en conclure qu'une portion du calorique a perdu sa force répulsive. Nous reviendrons sur ce sujet dans une autre occasion.

des sommes multiples, comme celles dont les pressions dépendent. Il en résulte que, dans le cas où la pression est la même en tous sens autour du point *M*, sa valeur est de la forme :

$$a\rho^2 + b\rho^{\frac{2}{3}} + c + d\rho^{-\frac{2}{3}} + \text{etc.},$$

relativement à la densité du corps. Les termes de cette série, à partir du troisième, paraissent devoir être insensibles et négligeables par rapport au second ; mais la valeur de celui-ci peut être comparable à celle du premier terme, à cause que l'action moléculaire provient de deux forces qui agissent en sens contraires, et parce que cette action change de signe dans l'étendue de ses valeurs sensibles. Il est facile d'en imaginer beaucoup d'exemples ; et ceux que l'on trouvera dans mon Mémoire ne peuvent laisser aucun doute sur ce point. Ainsi, dans les corps solides non cristallisés, dans les liquides et dans les gaz, si l'on appelle $p$ la pression égale en tous sens qui répond à la densité $\rho$, il y a lieu de croire qu'on a

$$p = a\rho^2 + b\rho^{\frac{2}{3}};$$

$a$ et $b$ étant des coëfficiens qui ne dépendront que de la matière du corps et de sa quantité de chaleur, en sorte que, pour un même corps, si la densité vient à changer de manière que la quantité de chaleur ne varie pas, ces coëfficiens ne varieront pas non plus ; et, au contraire, si la densité reste la même, et que la température vienne à changer, $a$ et $b$ pourront rester constans ou varier suivant une loi qui ne nous est pas connue.

Les corps solides et les liquides pouvant conserver leur état sans le secours d'aucune pression extérieure,

[redacted]



il faut que la valeur de $p$ puisse être nulle pour une valeur convenable de $\rho$, ce qui exige que les coëfficiens $a$ et $b$ soient de signes contraires. En désignant par $\alpha$ cette valeur particulière de la densité, et supposant que $\rho$ devienne $\alpha(1+\beta)$ pour une pression donnée $P$, $\beta$ étant une fraction très-petite dont on négligera le carré, on aura

$$a=\frac{3P}{4\alpha^2\beta},\quad b=\frac{-3P}{4\alpha^{\frac{2}{3}}\beta},$$

où l'on voit que le coëfficient $a$ sera postif, et que les valeurs absolues des deux termes de la pression seront très-grandes par rapport à leur différence. Dans les gaz, les coëfficiens $a$ et $b$ pourront être de même signe; et l'expérience prouve que $b$ est positif dans le cas de l'air à la température ordinaire.

En effet, si l'on combine l'expression de $p$ avec les lois de Mariotte et de M. Gay-Lussac, qui sont des données certaines de l'observation (1), on trouve

$$\gamma=2-\frac{4b}{3k^{\frac{2}{3}}(1+\omega\theta)^{\frac{2}{3}}p^{\frac{1}{3}}};$$

(1) D'après ces deux lois, on a, comme on sait, dans un gaz quelconque,

$$p=k\rho(1+\omega\theta);\qquad (1)$$

le coëfficient $k$ ne dépendant que de la nature du fluide. Soit $q$ la quantité de chaleur contenue dans un gramme de de ce gaz; et considérons $q$ comme une fonction inconnue de la densité $\rho$ et de la pression $p$. Désignons par $i$ l'accroissement de température qui aura lieu, soit quand $q$ deviendra $q+c$, la pression $p$ ne changeant pas, soit quand $q$ de-

$\gamma$ désignant le rapport de la chaleur spécifique d'un poids donné d'air sous une pression constante, à sa cha-

---

viendra $q+c'$, la densité $\rho$ restant la même; en supposant $i$ très-petit, nous aurons :

$$c=\frac{dq}{d\rho}\,\frac{d\rho}{d\theta}\,i,\quad c'=\frac{dq}{dp}\,\frac{dp}{d\theta}\,i,$$

et, en vertu de l'équation (1),

$$\frac{d\rho}{d\theta}=\frac{-\rho\omega}{1+\omega\theta},\quad \frac{dp}{d\theta}=\frac{p\omega}{1+\omega\theta};$$

d'où l'on conclut :

$$\rho\frac{dq}{d\rho}+p\gamma\frac{dq}{dp}=0, \qquad (2)$$

à cause de $c=c'\gamma$.

Maintenant supposons que $p$ et $\rho$ deviennent $p+p'$ et $\rho+\rho'$, sans que la quantité de chaleur $q$ augmente ni ne diminue; $p'$ et $\rho'$ étant infiniment petits, on aura :

$$\rho'\frac{dq}{d\rho}+p'\frac{dq}{dp}=0;$$

de plus, en différenciant l'équation $p=a\rho^{2}+b\rho^{\frac{2}{3}}$, qui a lieu dans ce cas, il vient :

$$p'=2(a\rho+\tfrac{1}{3}b\rho^{-\frac{1}{3}})\rho'=2(p-\tfrac{2}{3}b\rho^{\frac{2}{3}})\frac{\rho'}{\rho};$$

on aura par conséquent :

$$\rho\frac{dq}{d\rho}+2(p-\tfrac{2}{3}b\rho^{\frac{2}{3}})\frac{dq}{dp}=0,$$

et, en vertu de l'équation (2),

$$p=2\left(1-\frac{2b\rho^{\frac{2}{3}}}{3p}\right)=2-\frac{4b}{3k^{\frac{2}{3}}(1+\omega\theta)^{\frac{2}{3}}p^{\frac{1}{3}}}.$$

leur spécifique sous un volume constant; $\theta$ représentant la température, $\alpha$ le coëfficient de la dilatation des gaz, et $k$ le rapport de la pression à la densité qui répondent à $\theta = 0$ dans le fluide. Il est évident que $\gamma$ doit surpasser l'unité; car il faut sans doute une plus grande quantité de chaleur pour élever la température de l'air en le dilatant que sans changer son volume. La vitesse du son observée, dont $\sqrt{\gamma}$ est un facteur, prouve que $\gamma$ doit être moindre que 2, et à peu près égal à $\frac{4}{3}$; il faut donc que $b$ soit positif, comme nous l'avons dit. Pour un poids donné d'un même fluide, ce coëfficient $b$ dépendra uniquement de la quantité de chaleur; sa valeur changera, si l'on fait varier seulement la pression $p$ ou la température $\theta$; il demeurera constant, si ces deux quantités varient en même temps, de manière que la quantité de chaleur reste la même; et alors la différence $2 - \gamma$ variera en raison inverse de la racine cubique du produit $p(1 + \omega\theta)^2$.

On verra, dans mon Mémoire que le coëfficient $b$ doit être positif ou négatif, suivant que la fonction de la distance qui exprime l'excès de l'attraction de deux molécules sur la répulsion de leur calorique, est positive ou négative quand cette distance est nulle. D'ailleurs, pour que le second terme de la pression puisse avoir une valeur comparable à celle du premier, il est nécessaire que cette fonction change de signe dans l'étendue de ses valeurs sensibles, ainsi que je l'ai dit plus haut; si donc l'attraction l'emporte d'abord sur la répulsion, il faudra que la première force décroisse plus rapidement que la seconde, *et vice versâ*; par conséquent, dans les corps solides et les liquides, l'attraction mutuelle des

molécules s'étend plus loin que la répulsion calorifique, et la première peut encore être sensible à des distances où la seconde a tout-à-fait disparu; mais, au contraire, dans l'air atmosphérique, et probablement dans tous les gaz, la théorie exige que l'attraction l'emporte d'abord sur la répulsion, pour décroître ensuite plus rapidement, et devenir insensible à des distances où la répulsion a encore lieu. Sur ce point, il convient de rectifier l'opinion que j'avais adoptée à la fin du n° 16 de mon Mémoire sur l'équilibre des fluides, et dans la suite de ce Mémoire. On devra aussi se rappeler que nous comprenons dans l'attraction de deux molécules, non-seulement l'action mutuelle de la matière pondérable, mais encore l'action de la matière de l'une sur le calorique de l'autre.

Avant de calculer les pressions dans les fluides en repos ou en mouvement, je me suis attaché à faire ressortir toutes les différences qui existent entre ces corps et les solides. Voici ce que j'ai dit à ce sujet:

Lorsque la forme d'un corps solide est changée, et que ses molécules sont déplacées par des forces quelconques, agissant dans son intérieur ou à sa surface, tous les points matériels qui étaient primitivement situés sur une même ligne droite, d'une longeur insensible, sont encore en ligne droite après leurs déplacemens. Si $M$ et $M'$ sont les centres de gravité de deux molécules extrêmement rapprochées l'une de l'autre, la droite $MM'$ rencontre la même série de molécules dans les deux états successifs du corps; par conséquent, l'augmentation ou la diminution de longueur qu'elle subit, comparée à sa longueur primitive, fait connaître la dilatation ou la contraction linéaire du corps suivant

la direction $MM'$. Il arrive, en général, que la contraction, positive ou négative, est différente en différens sens autour d'un même point $M$, et qu'il y a même dilatation dans un sens et contraction dans une autre direction. En même temps, la pression exercée sur un plan passant par le point $M$, varie avec la direction de ce plan; mais, dans le cas particulier où la contraction linéaire est la même en tous sens, la pression est aussi la même et normale au plan sur lequel elle s'exerce; et réciproquement, la pression ne peut être normale et constante autour du point $M$, sans que la contraction linéaire ne soit aussi la même et de même signe, suivant toutes les directions autour de ce point. Ces propositions sont démontrées dans mon Mémoire.

Il n'en est plus ainsi relativement aux fluides. Lorsque les molécules d'un fluide homogène ou hétérogène, sont sollicitées par des forces données, ou qu'une pression est exercée à la surface, il se comprime ou se dilate également en tous sens autour de chacun de ses points. Une droite $MM'$, aussi petite qu'on voudra, qui joint deux points du fluide, ne rencontre plus les mêmes molécules avant et après l'application de ces forces. Une partie des molécules qu'elle traversait d'abord reste sur cette droite; une autre partie s'en écarte de différens côtés, et d'autres molécules viennent s'y ranger; d'où il résulte que l'allongement ou le raccourcissement de la droite $MM'$ ne peut pas faire connaître la dilatation ou la contraction linéaire du fluide suivant sa direction, et qu'il est même possible que le fluide change de forme, sans qu'il y ait contraction ou dilatation dans aucune de ces parties, ce qui

n'a jamais lieu à l'égard des corps solides. Après les déplacemens de ses molécules, un fluide se trouve donc constitué autour de chaque point $M$, comme il l'était auparavant; et l'on doit se représenter les molécules comprises dans la sphère d'activité de $M$, comme un système qui reste semblable à lui-même, et qui est seulement construit sur une plus petite ou sur une plus grande échelle, en considérant toutefois ce système dans son état moyen, abstraction faite des irrégularités de la distribution des molécules dont il est composé. D'un point $M$ à un autre, la contraction ou la dilatation, égale en tous sens, varie d'ailleurs, dans l'intérieur du fluide, suivant des lois dépendantes de sa nature et des forces qui lui sont appliquées; ou, autrement dit, leur intervalle moyen, tel qu'il a été défini précédemment, est une fonction des coordonnées du point $M$ auquel il répond, qui dépend de la nature du fluide dans son état naturel, et se change ensuite en une autre fonction, dont la forme résulte de la nature du fluide et des forces données en fonctions de ces mêmes coordonnées.

Les fluides jouissant de la propriété de se contracter ou de se dilater également en tous sens autour de chacun de leurs points, il s'ensuit que la pression est aussi la même sur tous les plans passant par un point intérieur, et normale à chacun de ces plans, du moins quand on néglige les variations de la matière du fluide et de l'intervalle moyen de ses molécules, dans l'étendue de leur sphère d'activité. Ainsi qu'on vient de le dire, ces deux propriétés sont intimement liées l'une à l'autre; et la seconde ne peut s'observer, sans que la première n'ait lieu en même temps. Le principe de l'égalité de pression

en tous sens étant regardé comme un fait d'expérience, que l'on a pris jusqu'à présent pour base de l'*hydrostatique*, nous pourrions aussi considérer la propriété des fluides, de se reconstituer toujours semblablement à eux-mêmes autour de chaque point, comme une donnée ou une conséquence nécessaire de l'observation; mais il est bon de se rendre raison, *à priori*, de cette propriété fondamentale des fluides, qui les distingue essentiellement des corps solides.

La propriété dont il s'agit peut être attribuée à la parfaite mobilité des molécules, résultant de ce qu'elles sont sphériques, ou assez éloignées les unes des autres pour que leur forme n'ait aucune influence sensible sur leur action mutuelle, ni par conséquent sur leur arrangement dans l'étendue de la sphère d'activité moléculaire. On conçoit, en effet, que, dans cette hypothèse, si l'on exerce une pression quelconque à la surface d'un fluide, il ne pourra pas arriver qu'il se contracte inégalement en des sens différens; car il n'y aurait aucune cause particulière qui pût retenir les molécules dans les directions où elles seraient le plus resserrées; et si des contractions inégales avaient lieu, ce ne pourrait être qu'un état d'équilibre instable, qu'on doit regarder comme physiquement impossible. Au contraire, si le fluide est d'abord dans un état d'équilibre subsistant, et qu'on y applique de nouvelles forces quelconques, il est évident que le second état d'équilibre, auquel il parviendra pour obéir à ces forces, sera stable comme l'état primitif, si le nouvel arrangement de ses molécules autour de chaque point, est semblable à celui qui avait lieu auparavant, ainsi qu'on vient de l'expliquer.

Ce raisonnement convient également à l'intérieur du fluide et à la couche superficielle qui le termine, pourvu qu'elle ne soit pas en contact avec un corps solide et adhérente à sa surface. Ainsi, dans cette couche dont l'épaisseur est comparable au rayon d'activité moléculaire, et où la compression varie très-rapidement et n'est pas la même qu'à une profondeur sensible, si l'on considère un point $M$ dont la distance à la surface extérieure soit une aussi petite partie qu'on voudra de son épaisseur totale, mais néanmoins très-grande eu égard aux intervalles des molécules, la dilatation ou la contraction linéaire sera égale en tous sens autour de $M$, comme autour de tout autre point situé dans l'intérieur du fluide.

Dans les corps solides, cristallisés ou non, la cause particulière qui retient les molécules sur les directions où elles sont plus ou moins resserrées, ne peut être que la partie de leur action qui dépend de leur forme et de leur situation relative. Si l'on écarte les molécules par une addition de calorique, cette force secondaire diminue, en général, plus rapidement que l'autre partie de leur action mutuelle : son effet peut devenir insensible, et le corps passe alors à l'état fluide. Dans les corps qui ne sont pas élastiques, c'est sans doute cette même force secondaire qui maintient les molécules dans les positions où des forces étrangères les ont amenées, et chaque corps, sous la forme qu'elles lui ont fait prendre, après même que ces forces ont cessé d'agir. Quoi qu'il en soit, la force secondaire dont il est question est nécessaire à la stabilité de l'équilibre des molécules dans les corps solides ; ce qui n'empêche pas qu'on n'en puisse faire

abstraction, comme on l'a expliqué plus haut, dans le cas des corps non cristallisés, lorsqu'il s'agit de calculer l'action mutuelle de deux parties, de grandeurs insensibles, qui comprennent cependant des nombres extrêmement grands de molécules.

Si un fluide est en contact avec un corps solide, susceptible d'agir sur ses molécules, cette action produira une compression particulière qui pourra se transmettre de proche en proche jusqu'à une distance extrêmement petite, mais sensible, de la surface du solide, quoique l'action immédiate de ce corps n'ait lieu qu'à des distances insensibles. Il se peut que dans l'épaisseur de cette couche, ainsi comprimée, le fluide perde sa fluidité; ou, autrement dit, il est possible que ses molécules soient assez rapprochées les unes des autres, pour que leur force influe sur leur action mutuelle, comme dans les corps solides. Dans cette hypothèse, la contraction linéaire et, par suite, la pression moléculaire n'y seront plus égales en tous sens autour de chaque point; et c'est sans doute ce qui a lieu dans la couche extrêmement mince, qui s'attache à un corps mouillé par un liquide et ne coule plus le long de sa surface; ce qui est un effet distinct de l'adhésion apparente, due à la même cause que les phénomènes de la capillarité.

D'après les différences essentielles entre les fluides et les solides que nous venons de signaler, on conçoit que le problème de l'équilibre n'est pas le même pour ces deux espèces de corps. Dans le cas des corps solides, il y a trois inconnues qui sont les déplacemens de chaque point intérieur, suivant trois directions rectangulaires; et, au moyen de ces inconnues, on pourra satisfaire aux

trois équations d'équilibre communes à tous les points du corps, quelles que soient les forces données qui leur sont appliquées. Les valeurs de ces déplacemens, en fonctions des coordonnées primitives du point $M$ auquel ils répondent, feront connaître la position subséquente de ce même point $M$, considéré isolément. Mais, dans le cas des fluides, on voit, par ce qui précède, qu'il n'y aura pas lieu de déterminer le changement de position de chaque molécule isolée : il n'y aura qu'une seule inconnue, savoir, l'intervalle moyen des molécules, pour satisfaire aux trois équations d'équilibre relatives à l'intérieur du fluide; et, pour cette raison, l'équilibre ne sera pas possible, à moins que les forces données en fonctions des coordonnées d'un point quelconque ne soient telles que ces trois équations se réduisent à une seule; ce qui restreint la généralité de ces fonctions.

Le problème du mouvement est aussi très-différent dans ces deux cas. Lorsqu'il s'agit d'un corps solide, les équations différentielles du mouvement de ses molécules se déduisent immédiatement de celles de l'équilibre, par le principe général de la dynamique. Mais, relativement aux fluides, il faut avoir égard à une circonstance qui ne peut influer que sur leur mouvement, et nullement sur leur équilibre.

En effet, lorsque les molécules d'un fluide se déplacent, elles emploient un certain temps, quelque petit qu'on le suppose, pour parvenir, autour de chaque point, à une disposition semblable à leur arrangement primitif, et pour exercer de nouveau une pression égale en tous sens. Pendant ce très-court intervalle de temps,

qui peut être néanmoins très-différent pour les différens fluides, la pression n'est pas nécessairement la même suivant toutes les directions; toutefois il serait impossible de s'en apercevoir dans l'état d'équilibre qui ne s'observe qu'après que cet intervalle de temps est écoulé. Mais, dans le cas du mouvement, la position respective des molécules changeant sans cesse, on comprend que la considération du temps dont il s'agit peut donner lieu à une modification dans le principe de l'égalité de pression en tous sens, et dans la forme des équations différentielles qui s'en déduisent. C'est ce qui arrive en effet; et c'est à cette circonstance que sont dus les nouveaux termes que j'ai introduits dans les équations générales du mouvement des fluides. On ne doit pas confondre l'effet que je viens d'indiquer avec la *viscosité* des fluides imparfaits. L'effet dont il est question peut avoir lieu dans les liquides qui n'ont aucune viscosité sensible, et même dans les fluides aériformes, où il est surtout nécessaire d'y avoir égard, lorsque leurs vibrations deviennent extrêmement rapides. La viscosité est ce qui empêche les liquides où elle existe, d'exercer, après un intervalle de temps plus ou moins court, une pression égale en tous sens; on peut l'attribuer à une influence de la forme des molécules sur leur action mutuelle, et regarder les fluides visqueux, comme une sorte d'intermédiaire entre les corps solides et les fluides parfaits qui sont les seuls fluides dont je me suis occupé dans ce Mémoire.

En calculant la pression due à l'action moléculaire dans un fluide, j'ai dû avoir égard aux variations, soit de la matière du fluide, soit de l'intervalle moyen de ses

molécules, dans l'étendue de leur sphère d'activité; car les termes qui en résultent ne sont point insensibles : ils sont du même ordre de grandeur que la partie de la pression qui dépend de la courbure des surfaces, et à laquelle sont dus, comme on sait, les phénomènes de la capillarité. En tenant compte de ces variations et de la forme de la surface, la pression dans l'intérieur d'un fluide en équilibre se compose de deux parties, l'une normale à la surface pressée et égale en tous sens autour d'un même point, l'autre qui n'est ni normale à cette surface, ni indépendante de sa direction. On prouve, par une analyse assez délicate, que les composantes de la seconde partie, agissant sur une portion du fluide de forme quelconque, se détruisent sans le secours d'aucune autre force; en sorte que, pour obtenir les équations d'équilibre, relatives à l'intérieur d'un fluide, il suffit de considérer, ainsi qu'on le fait ordinairement, la pression normale et égale en tous sens, et les forces étrangères et données qui agissent sur toutes ses molécules. A cet égard, je n'ai fait que répéter ce qui se trouvait déjà dans mon précédent Mémoire sur l'équilibre des fluides.

---

## RECHERCHES *sur la Bile.*

PAR M^r HENRI BRACONNOT,
Correspondant de l'Institut.

LA bile, en raison du rôle important qu'elle joue dans l'économie animale, est un des liquides animaux sur

lesquels on a le plus travaillé; mais, malgré le nombre et l'habileté des chimistes qui s'en sont occupés, il faut convenir que nos connaissances sur cette humeur sont encore bien imparfaites.

Les anciens médecins auxquels il importait tant de bien connaître la bile, la considéraient comme un savon, et ses propriétés alcalines et détersives étaient bien propres à justifier cette opinion que je trouve exacte, quoiqu'elle n'ait point été admise par plusieurs chimistes célèbres de notre époque, tels que MM. Fourcroy, Thenard, Berzelius (1).

Dans les essais que je vais présenter, je n'examinerai que la matière qui constitue essentiellement la bile de bœuf, c'est-à-dire, le picromel, et je négligerai les autres principes qui paraissent suffisamment connus.

### *Du Picromel de bœuf.*

Le picromel, admis au nombre des principes immédiats neutres des animaux, m'a paru se comporter comme un acide faible saturant jusqu'à un certain point les alcalis, et formé de plusieurs substances liées entre elles par une puissante affinité. C'est d'après cette manière de l'envisager que j'ai tenté sur lui plusieurs expériences qui m'ont conduit à en séparer les principes suivans.

### *De la matière grasse du Picromel de bœuf.*

Il m'a été facile de constater la présence de cette matière dans le picromel, en le faisant dissoudre à chaud

---

(1) *Annales de Chimie*, t. LXXI, p. 220.

dans une petite quantité d'alcool pour lui donner une consistance mielleuse, et en l'agitant ensuite avec de l'éther, qui s'est chargé d'une matière grasse, acide, ayant la consistance de l'axonge. Comprimée dans du papier gris, elle a été partagée en deux corps distincts, l'un très-blanc, plus dur que la cire, pulvérulent, soluble en toutes proportions dans l'alcool chaud, cristallisant en aiguilles fines, soyeuses, entrelacées, et fusibles à environ 60° centig.; c'était évidemment de l'acide margarique. La matière huileuse dont le papier gris était imprégné a été enlevée très-facilement avec de l'eau rendue alcaline par un peu d'ammoniaque, et la liqueur chauffée avec un acide a abandonné de l'acide oléique fusible à la température de l'air ambiant, d'un jaune brunâtre, et d'une odeur de bile assez remarquable. Il est manifeste que ces deux corps gras étaient, dans la bile, combinés, du moins en partie, avec la soude et à l'état de véritable savon, et il est inutile de faire observer qu'ils ne sont point dus à la réaction de l'éther sur le picromel. D'ailleurs, j'ai aussi reconnu la présence de l'acide margarique dans la bile de bœuf, en la précipitant par l'acétate de plomb pour en séparer le mucus, et en y ajoutant un peu d'acide sulfurique affaibli pour éliminer l'excès de plomb; la liqueur, évaporée ensuite en consistance sirupeuse, puis abandonnée à elle-même, a laissé déposer le picromel; mais le liquide surnageant était troublé par une quantité remarquable d'une matière très-blanche qui avait les propriétés de l'acide margarique; cependant ses cristaux semblaient plus prononcés; elle s'est d'ailleurs dissoute en toute proportion dans l'alcool chaud, qui l'a laissé déposer en partie par

le refroidissement sous la forme de grains, lesquels, examinés au microscope, paraissaient formés par la réunion d'une multitude innombrable de prismes tétraèdres, courts, aplatis, parfaitement transparens, tronqués obliquement ou quelquefois surmontés d'un sommet dièdre. Au reste, cette matière a commencé à se fondre au 59° centig. C'était donc de l'acide margarique très-pur. Je ne dois pas oublier de rappeler que M. Chevreul avait déjà reconnu dans la bile de porc et d'ours une matière grasse, qui lui a paru formée d'acides oléique et margarique. J'avais tenté de séparer ces acides gras de la bile de bœuf, en y versant un excès d'acide acétique; mais le dépôt floconneux, bien lavé et traité à plusieurs reprises par l'alcool, ne m'a donné qu'un léger résidu fragile, d'un aspect résineux, qui n'offrait rien de gras. Ainsi, malgré la présence d'un véritable savon dans la bile, les acides oléique et margarique n'ont pu en être séparés par l'acide acétique; ils étaient donc retenus en dissolution par les autres principes du picromel. Ayant fait chauffer du picromel avec moitié de son poids d'acide margarique et une certaine quantité d'eau, j'ai obtenu une dissolution limpide et parfaite à la température de 45°; mais, par le refroidissement, elle s'est troublée et a pris la consistance d'une pommade bien homogène. Des taches d'huile et de suif, faites sur un tissu et frottées avec cette bouillie, ont entièrement disparu; un morceau de suif y a aussi été délayé facilement.

Cette observation ne restera pas sans quelques applications pour les arts.

Au reste, le suif, le picromel et l'eau, chauffés ensemble, n'ont montré aucune disposition à s'unir.

*De la Résine du picromel de bœuf.*

Les anciens désignaient sous le nom de *résine de bile* le picromel précipité de sa dissolution par les acides ; et, quoique ce dépôt ne puisse être comparé à une résine, du moins son aspect, poissant et soyeux comme la térébenthine cuite, pouvait y faire soupçonner l'existence d'un corps résineux. Cependant, d'après M. Berzelius, la bile ne contient pas de résine, et la substance, que M. Thenard avait comparée à une résine, n'est, suivant le chimiste suédois, qu'une combinaison de la matière colorante verte de la bile avec l'acide qui a servi à la précipiter (1).

Si dans une dissolution aqueuse de picromel on verse de l'eau de baryte, et qu'on étende ensuite le mélange de beaucoup d'eau, il se trouble et laisse déposer une matière floconneuse formée par la combinaison d'une résine avec la baryte. Ayant fait dissoudre dans l'eau 3 grammes de picromel et 0,5 grammes de savon de Marseille, j'ai remarqué qu'un excès d'acide acétique versé dans cette liqueur n'en trouble point la transparence ; mais, par l'addition d'une grande quantité d'eau, elle devient lactiforme, et peut s'éclaircir de nouveau en y ajoutant de la dissolution de picromel et de savon, rendue acide par le vinaigre. La liqueur lactiforme, jetée sur un filtre, y a laissé une matière poissante d'un jaune-verdâtre et presque sans amertume, qui s'est

(1) *Annales de Chimie*, t. LXXI, p. 220.

dissoute dans l'alcool. Celui-ci a laissé, après son évaporation, une matière transparente, assez fragile, qui avait tout-à-fait l'aspect d'une résine, et ne paraissait point retenir d'acides gras du savon employé. Ceux-ci étaient donc retenus dans la liqueur par le picromel, qui avait seulement abandonné une quantité correspondante de résine ; mais, n'ayant pu obtenir ainsi qu'une petite partie de celle contenue dans le picromel, j'ai cru devoir employer des moyens plus énergiques pour rompre une combinaison aussi intime. Afin de parvenir à ce but, j'ai eu recours aux acides plus ou moins concentrés, qui m'ont offert le résultat que j'attendais.

*Séparation de la résine des autres principes du picromel de bœuf, par l'acide sulfurique.*

Si on broie une petite quantité de picromel avec de l'acide sulfurique concentré, il s'y dissout sans changer de couleur au moment du mélange ; mais, quelque temps après, il prend une couleur rouge très-vive, qui passe au violet, puis au bleu, ensuite au vert, et enfin au jaune de bile à mesure que l'acide attire l'humidité de l'air. Alors il se dépose un sédiment divisé, et la liqueur transparente est presque incolore. Lorsqu'on verse de l'eau dans la liqueur bleue, il s'y forme un précipité de la même couleur ; si on en imprègne un morceau de papier, et qu'on l'expose ensuite avec précaution à la chaleur, il prend une belle nuance pourpre qui devient bleue en attirant l'humidité, et repasse au rouge en l'approchant de nouveau de la chaleur, et ainsi alternativement. Ces phénomènes de coloration sont fort remarquables ; je les avais déjà observés dans l'urine d'un ictérique, et

surtout dans le liquide jaune bilieux, épanché dans la cavité abdominale; mais dans un ordre inverse de celui que je viens d'indiquer (1). Ils rappellent aussi la bile bleue que l'on a vue dans le serpent à sonnette.

10 grammes de picromel en poudre ont été broyés pour les dissoudre dans une quantité suffisante d'acide sulfurique du commerce, médiocrement concentré, et on a abandonné le mélange à lui-même pendant 11 jours. L'acide, en attirant peu à peu l'humidité, a abandonné une masse abondante d'un rouge sanguin qui, d'abord filante comme la térébenthine, a pris ensuite une consistance très-ferme comme de la cire. Cette matière, après avoir été mise en ébullition à huit reprises différentes avec de l'eau pour la priver de l'acide sulfurique qu'elle retenait à l'état de faible combinaison, a repris la couleur verte primitive et l'aspect satiné du picromel précipité de sa dissolution par l'acide sulfurique; mais, ayant été soumise à plusieurs autres lavages à l'eau bouillante, elle a fini par s'y laisser délayer entièrement en formant une sorte d'émulsion, laquelle, suffisamment étendue d'eau, passait trouble à travers le filtre, moussait comme de l'eau de savon, et donnait un coagulum abondant avec l'eau de baryte. Ce liquide émulsif ayant été mis en évaporation, la résine s'en est séparée sous la forme de pellicules poissantes d'un jaune verdâtre, qui étaient miscibles à l'eau comme auparavant. Soupçonnant que cette propriété pouvait être due à la présence d'une petite quantité de matière amère encore retenue par la résine, on a dissout celle-ci par l'alcool, et on a fait

(1) *Journal de chimie médicale*; 1827.

chauffer le tout avec un peu de carbonate de baryte ; une petite partie de la résine, unie à du principe amer, s'est déposée en combinaison avec la baryte, sous la forme d'une matière glutineuse, et le liquide alcoolique, évaporé, a offert une résine qui ne se laissait plus délayer par l'eau. Tout compris, son poids était de 8,7 gram. pour les 10 grammes de picromel employé ; ce qui est d'autant plus remarquable, que j'ai dû nécessairement éprouver quelques pertes.

*Propriétés de la résine de picromel de bœuf.*

Cette résine obtenue ainsi que je viens de le dire, est inaltérable à l'air, d'un jaune brunâtre, parfaitement transparente, très-fragile, d'une cassure brillante, spécifiquement plus pesante que l'eau, susceptible de se réduire en poudre sans s'agglutiner ; elle brûle avec beaucoup de flamme et de fumée, ne conduit pas l'électricité, et s'électrise négativement par le frottement comme la poix résine, dont elle a l'aspect et à peu près la même fusibilité ; toutefois, étant mâchée, elle se ramollit un peu en s'attachant aux dents, et développe dans la bouche une légère amertume, comme la plupart des résines. Elle est d'ailleurs parfaitement insoluble et immiscible dans l'eau froide ou bouillante, mais l'alcool la dissout avec beaucoup de facilité et en toutes proportions ; il en résulte une liqueur transparente que l'eau précipite abondamment, et qui peut donner un beau vernis étant appliquée sur la surface des corps.

La résine de picromel se dissout dans l'acide sulfurique concentré, qui peut facilement la convertir en tannin artificiel. Cette dissolution, d'une couleur jaunâtre, devient

un peu rougeâtre en attirant l'humidité, puis d'un vert foncé comme la bile. Cette résine est aussi convertie en tannin artificiel par l'acide nitrique. L'acide acétique la dissout facilement à chaud. Elle est partiellement soluble dans l'huile de térébenthine bouillante, d'où elle se sépare en partie par le refroidissement. Elle est aussi beaucoup moins soluble dans l'éther que dans l'alcool, et peut s'unir au soufre.

On voit que les propriétés que je viens d'exposer appartiennent à la famille nombreuse des substances végétales désignées sous le nom de *résines*.

Il ne nous reste plus qu'à faire connaître le caractère spécifique de la résine du picromel; il consiste dans la faculté qu'elle possède de saturer les alcalis en jouant le rôle d'un acide.

Si on fait dissoudre cette résine dans l'ammoniaque affaiblie, et qu'on fasse évaporer à siccité, il reste une combinaison transparente entièrement soluble dans l'eau. Cette liqueur rougit le papier teint en bleu par le tournesol, et mousse comme de l'eau de savon. Les acides y forment un précipité abondant. Nous avons déjà vu que le picromel lui-même saturait jusqu'à un certain point les propriétés de la potasse.

La résine de picromel, chauffée avec de la morphine et de l'eau, donne aussi une dissolution savonneuse, qui est abondamment précipitée par les acides.

Unie à la quinine, elle produit une combinaison insoluble dans l'eau.

*Examen de la liqueur acide sulfurique séparée de la résine du picromel.*

Cette liqueur, réunie aux lavages de la résine, devait contenir les autres principes du picromel. Elle paraissait légèrement rougeâtre par transmission, et verdâtre par réflexion. Saturée par du carbonate de chaux, filtrée et évaporée, elle a laissé une matière très-amère, un peu douceâtre, moins cependant que le picromel, déliquescente, qui a été reprise par l'alcool pour en séparer le sulfate de chaux. Redissoute dans l'eau, cette matière n'est pas sensiblement précipitée par l'acide sulfurique. Elle dissout avec beaucoup de facilité la résine acide de la bile dont nons venous de parler, et régénère le picromel qui alors peut être précipité abondamment par l'acide sulfurique, sous la forme poissante qu'on lui connaît lorsqu'il est uni aux acides.

Si, au lieu de chercher à reformer le picromel par l'union de cette matière douce-amère avec la résine, on augmente la proportion de celle-ci, alors on obtient une liqueur lactiforme homogène, qui est entièrement précipitée en flocons par les acides. Délayée avec de l'acide margarique et de l'eau, elle produit aussi une sorte d'émulsion que les acides précipitent.

Soupçonnant, dans cette matière amère légèrement douceâtre, l'existence de deux principes distincts, je l'ai traitée par l'alcool concentré, mélangé d'éther, qui effectivement la partage en deux parties, dont l'une insoluble, beaucoup moins amère et plus sensiblement sucrée, a été reprise par l'eau.

Elle a produit, avec l'infusion de galle, un précipité

assez abondant, divisé, dû, à ce qu'il m'a semblé, à une matière animale étrangère. Elle était aussi abondamment précipitée par l'eau de baryte; mais le sulfate de fer peroxidé n'y a produit aucun changement. Traitée par l'acide nitrique, elle a encore donné une petite quantité de résine.

L'alcool éthéré, chargé de la portion soluble, a laissé, après son évaporation, une matière déliquescente d'une amertume franche très-prononcée et sans arrière-goût sucré. Sa dissolution dans l'eau était aussi précipitée par l'infusion de galle et par l'eau de baryte; mais l'acétate de plomb n'y a produit aucun changement, non plus que l'acide sulfurique; mais, après avoir été chauffée avec la résine acide du picromel qu'elle a facilement dissoute, l'acide sulfurique a séparé de la liqueur un dépôt abondant qui avait tout-à-fait l'aspect du picromel précipité par les acides. Avec la poix résine je n'ai point obtenu le même résultat. Ce qui me restait de cette matière amère a été mis en ébullition avec de l'eau et un peu de magnésie. Le dépôt, recueilli et lavé, a été traité par l'alcool bouillant. Un papier de tournesol, rougi par un acide et plongé dans cette liqueur filtrée, a repassé au bleu en le laissant sécher à l'air; d'où il paraît que l'alcool retenait une matière alcaloïde : en effet, il a laissé après son évaporation un résidu très-amer, mais en si petite quantité que je n'ai pu l'examiner.

Il me paraît résulter des expériences qui précèdent, que le picromel est essentiellement formé, pour la majeure partie, d'une résine acide fort remarquable, unie

intimement à deux principes, dont l'un est sucré et l'autre très-amer et de nature alcaline.

*Action de l'acide nitrique sur le picromel de bœuf.*

Si, dans une dissolution aqueuse de picromel, même assez étendue, on ajoute un peu d'acide nitrique et qu'on abandonne le mélange pendant plusieurs jours, l'acide nitrique, en réagissant sur les principes sucré et amer, les décompose lentement avec effervescence, et la résine est mise en liberté.

10 grammes de picromel, dissous dans 30 grammes d'eau avec 20 grammes d'acide nitrique à 45°, ont donné des vapeurs rutilantes, en abandonnant la plus grande partie de la résine qui a été séparée de la liqueur acide. Celle-ci, rapprochée presqu'à siccité, a laissé un résidu, lequel, redissous dans l'eau alcoolisée, a laissé une poudre blanche qui n'était autre chose que du sulfate de chaux. La liqueur, séparée du sédiment, a donné par l'évaporation une matière d'apparence huileuse astringente, qui était précipitée par la colle de poisson. Mise en ébullition pendant long-temps avec de l'eau et du carbonate de plomb, la liqueur, filtrée et évaporée, a laissé un extrait jaunâtre, attirant l'humidité, ne contenant que des traces d'oxide de plomb, qui se sont déposées lorsque j'ai redissous la matière dans l'eau. Cette liqueur n'était point troublée par la gélatine, mais un précipité abondant se manifestait aussitôt par l'addition au mélange d'un peu d'acide nitrique ou muriatique affaibli. La même liqueur était aussi précipitée par le sulfate de fer peroxidé et par l'infusion de galle. Au reste, cette matière, qui n'était qu'en partie soluble

dans l'alcool rectifié, semblait contenir un principe animalisé ; car, ayant été chauffée dans un tube de verre dans lequel j'avais introduit du papier de tournesol rougi par un acide, elle l'a fait repasser au bleu.

Le carbonate de plomb que l'on avait fait bouillir avec la matière d'apparence huileuse, lavé et traité par l'acide sulfurique affaibli, a fourni une quantité notable de tannin artificiel.

Ainsi, de la réaction de l'acide nitrique sur le picromel est résulté : beaucoup de résine, du tannin artificiel, et une matière d'apparence animale qui seule n'est point précipitable par la gélatine, mais le devient par l'intermédiaire d'un acide. Au reste, comme avec la plupart des résines, il ne s'est point produit d'acide oxalique, ni d'acide mucique ; ce qui prouve que le picromel ne contient point de sucre de lait, que l'on a supposé gratuitement dans la bile.

*Décoloration du picromel ; tentative pour en séparer la matière sucrée.*

La chaux, le peroxide de fer hydraté, l'oxide de plomb, la baryte que l'on fait bouillir avec le picromel, le décolorent complètement en s'emparant de la matière verte et d'une portion de la résine.

On sait qu'en versant du sous-acétate de plomb dans la dissolution de picromel, il s'y forme un précipité blanc abondant, qui n'est point, comme on le pense, le résultat de l'union du picromel avec l'oxide de plomb, mais bien une combinaison entièrement soluble dans l'alcool, dans laquelle le picromel joue le rôle d'un acide, et le sous-acétate de plomb celui d'un alcali. Si

on la fait bouillir avec de l'eau à plusieurs reprises, elle s'y liquéfie en prenant une couleur brunâtre et sans paraître s'y dissoudre. Cependant les liqueurs réunies avaient une saveur sucrée assez franche, et ne contenaient que des vestiges de plomb. Evaporées, elles ont fourni un résidu, lequel, repris par l'alcool, a donné une matière incolore qui ressemblait à la plus belle gomme arabique. Sa saveur était celle du jus de réglisse. Elle paraissait ne retenir presque plus de résine, car sa dissolution aqueuse était peu troublée par les acides sulfurique et nitrique; cependant, étant chauffée avec ce dernier, elle en a encore fourni une quantité notable avec dégagement d'acide nitreux. Elle peut aussi facilement dissoudre la résine acide de la bile, et alors la liqueur est précipitée abondamment par l'acide sulfurique, comme le picromel. La même matière sucrée incolore ne paraît éprouver aucun changement avec l'acide sulfurique concentré, au moment du mélange; mais, à mesure qu'il attire l'humidité, il prend une belle couleur pourpre qui passe au violet, puis au bleu, et peut se dissoudre presque entièrement dans l'eau en ne laissant déposer qu'une petite quantité de résine; d'où il paraît résulter que les changemens remarquables de couleurs qu'éprouve le picromel de la part de l'acide sulfurique peuvent être attribués au principe sucré, que, au reste, je n'ai point la prétention d'avoir complètement isolé.

Je crois pouvoir conclure des expériences que je viens de présenter :

1°. Que la bile est un véritable savon, ainsi que l'avaient établi les anciens médecins;

2°. Que le picromel de bœuf contient :

1°. Une résine acide particulière, qui en constitue la plus grande partie ;

2°. De l'acide margarique ;

3°. De l'acide oléique ;

4°. Une matière animale ;

5°. Une matière très-amère de nature alcaline ;

6°. Un principe sucré incolore, qui devient pourpre, violet et bleu par l'acide sulfurique ;

7°. Enfin, une matière colorante.

Nancy, le 17 octobre 1829.

---

## Nouvelles *Observations sur l'iridium et l'osmium.*

Par Mr J.-J. Berzelius.

(Faisant suite au Mémoire imprimé dans ces Annales, tome xl.)

Le résidu de la dissolution de la mine de platine dans l'eau régale contient une certaine quantité de grains plus ou moins arrondis, à surface inégale et rude. Ces grains ne sont pas de même nature que les petites écailles cristallines, brillantes, et d'un blanc d'argent d'osmiure d'iridium que l'on trouve dans quelques mines de platine de l'Ural, par exemple, dans celles d'Ekaterinenburg, Slatoust et Kischene, et quoiqu'ils contiennent de l'osmium, ils paraissent en renfermer moins que l'osmiure d'iridium cristallisé. Leur densité, après avoir été traités par l'eau régale, et dépouillés par des

lavages des parties les plus ténues, a été trouvée de 15,78; tandis que celle des grains brillans et cristallins de l'osmiure d'iridium s'élève jusqu'à 18,644. C'est proprement avec ce dernier que les expériences que j'ai fait connaître précédemment ont été faites. Depuis, j'ai reçu de Saint-Pétersbourg du résidu de la dissolution de la mine de platine dans l'eau régale duquel j'ai séparé plus de 100 grammes de ces grains arrondis; je les ai traités moins dans l'intention de déterminer exactement leur composition, que dans celle de préparer une quantité des métaux rares qu'ils renferment suffisante pour l'étude de leurs propriétés. J'ai cependant cru reconnaître qu'ils renferment beaucoup moins d'osmium que les grains cristallins, et qu'ils le donnent plus difficilement. En outre, dans le traitement de ces grains, on obtient plusieurs substances qui, à la vérité, ne leur appartiennent point, mais dans un mélange si intime qu'on ne peut les en séparer. Ces substances sont: l'acide titanique, l'acide chromique ou l'oxide de chrôme, la zircone et l'oxide de fer, provenant visiblement du chromure de fer, du titanure de fer et des hyacinthes qu'on ne peut distinguer à l'œil des autres grains, ni séparer par des lavages.

J'ai trouvé que, pour séparer l'osmium de la masse calcinée avec le salpêtre, la méthode suivante réussit beaucoup mieux que celle que j'ai donnée dans mon dernier travail. On délaye la masse dans l'eau, de manière à dissoudre les sels; on met le mélange dans une cornue tubulée, et on décante le liquide lorsqu'il est devenu clair. On ajoute une nouvelle quantité d'eau, qu'on sépare comme la première. Les liquides décantés contien-

nent des sels à base de potasse, formés par les acides nitrique, chromique et silicique, le sesqui-oxidule d'iridium et le binoxide d'osmium; les derniers cependant en petite quantité. Par la distillation avec l'acide hydrochlorique dans une retorte, on obtient tout le binoxide d'osmium.

Le résidu insoluble dans la retorte tubulée peut être traité soit par l'acide hydrochlorique, soit par l'acide nitrique.

*Traitement par l'acide hydrochlorique.* On ajoute assez d'acide pour dissoudre tout ce qui est susceptible de l'être, et on distille au bain-marie jusqu'à ce que la preuve de liquide prise par la tubulure de la retorte n'ait plus la moindre odeur d'osmium. Le produit de la distillation est une dissolution du binoxide d'osmium dans l'eau, contenant un peu de chlore. Le résidu dans la retorte, étendu d'un peu d'eau, donne un liquide plus ou moins coloré en vert foncé, dont la couleur verte est due à la présence du chlorure de chrome. Si, après avoir séparé le liquide par le filtre, on lave le résidu avec de l'esprit-de-vin, on pourra séparer entièrement le sel vert, et il restera sur le filtre le sel double de chlorure de potassium et de chlorure d'iridium. La liqueur verte, aussi-bien que la liqueur alcoolique, se troublent lorsqu'on les étend d'eau et que l'on chauffe; il se précipite une poudre blanche qui paraît être de l'acide titanique, mais qui contient en outre de la silice et de la zircone.

*Traitement par l'acide nitrique.* On ajoute une quantité suffisante de cet acide, et on distille au bain-marie, jusqu'à ce que la preuve prise dans la retorte ne sente

plus l'osmium, malgré sa saveur acide. Si l'acide était saturé, il faudrait en ajouter de nouveau ; car autrement il resterait beaucoup d'osmium dans la retorte. Cette méthode ne donne pourtant pas tout l'osmium ; mais elle en donne plus que le procédé déjà décrit : le produit ne contient ni chlore, ni acide nitrique. Le résidu dans la retorte contient du salpêtre et une portion de nitrate d'iridium, qui se dissout dans l'eau en pourpre foncé. On peut tellement modérer l'acide que tout l'alcali soit séparé de l'osmium sans l'être de l'iridium ; mais alors on court le risque de laisser de l'osmium dans le résidu en plus grande quantité. Après l'évaporation à siccité, le nitrate possède tous les caractères du nitrate d'oxidule d'iridium. Ce que l'eau n'a point dissous doit être bien lavé et traité par l'acide hydrochlorique. On obtient alors une masse verte qui exhale du chlore, et qui par une courte digestion se dissout en grande partie. Cette dissolution contient le sesquichlorure, que l'on obtient de cette manière en quantité et exempt du sel double de potassium. La dissolution est d'une couleur noire tirant au jaune ; par l'évaporation à siccité, elle laisse une masse noire incristallisée, attirant l'humidité de l'air. Mêlée avec du chlorure de potassium ou du sel ammoniac, en quantité convenable pour former un sel double, et abandonnée à la température ordinaire de l'air, on obtient des sels doubles qui ne cristallisent point, mais qui ne sont pas déliquescens. Si l'on ajoute les sels alcalins en excès, ou si l'on chauffe la dissolution, la couleur devient d'un vert sale ; il se dépose du chloride double, et la dissolution contient du chlorure double. Le chlorure de

sodium n'occasione pas une semblable décomposition ; il produit un sel déliquescent, d'un noir de charbon.

On obtient le chloride d'iridium en traitant la masse insoluble dans l'acide nitrique par l'eau régale très-concentrée, et en desséchant peu à peu à 40° la dissolution après l'avoir filtrée. Le chloride n'est point entièrement exempt de sesquichlorure, parce qu'il s'en forme pendant l'évaporation. Après une évaporation complète, il se présente en une masse fendillée, tombant en poudre grossière noire, mais d'un rouge foncé sur les bords, qui ne montre aucune trace de cristallisation et qui attire l'humidité de l'air. La dissolution dans l'eau est noire; sur les bords, elle est d'un rouge tirant au jaune, et d'un jaune-orange ou jaune en l'étendant beaucoup. Quoique peu concentrée, elle coule difficilement, comme une huile fluide.

Le sesquioxidule d'iridium, obtenu en décomposant le sel de potassium par une chaleur rouge avec un excès de carbonate de potasse, puis lavé avec de l'eau et de l'acide hydrochlorique, étant fortement pressé dans du papier absorbant jusqu'à demi-dessication, et desséché après entièrement sans pression, donne une masse consistante qui, exposée demi-heure à une vive chaleur blanche dans un creuset couvert, se réduit en conservant sa forme et en prenant une plus grande consistance, de manière qu'on ne peut la briser sans un grand effort.

Dans cet état, l'iridium a tout-à-fait l'apparence du platine ; il peut recevoir le poli, mais il tombe facilement en poudre sous le polissoir, si l'opération n'est pas faite d'une main légère. Il ne supporte point le choc du

marteau sans s'émietter ; il se laisse piler et réduire en poudre. Un morceau de cet iridium, tenu avec une pince de platine dans la flamme d'une lampe à éther, alimentée par le gaz oxigène, ne s'est pas du tout arrondi sur les bords, quoique la chaleur fût assez forte pour fondre une partie de la pince de platine, et la faire tomber en gouttes. Sa couleur est devenue seulement plus blanche et plus argentée. Un autre morceau d'iridium, fixé à l'extrémité d'un tube d'argile et chauffé au point que l'argile la plus réfractaire s'est fondue en verre tout autour, n'a pas présenté la moindre apparence de fusion, et s'est laissé réduire en poudre aussi-bien qu'auparavant. L'iridium paraît par conséquent rivaliser en infusibilité avec le carbone. Il est vrai que Children, avec sa gigantesque batterie hydroélectrique, a fondu une fois l'iridium en un globule bulleux ; mais son métal était-il exempt de platine? La densité du globule, malgré sa porosité, était de 18,68 ; tandis que j'ai trouvé que celle de l'iridium le plus pur, réduit par l'hydrogène, n'était, à l'état pulvérulent, que de 15,8629 ; et, dans un morceau cohérent, que de 15,588, à cause sans doute de sa porosité, quoique je doive cependant remarquer que, avant d'en prendre la densité, il était resté quelque temps sous l'eau dans un espace vide. On peut fort bien soupçonner, d'après cela, que l'iridium de Chiltren contenait du platine, et que c'est par cette circonstance qu'il a montré une tendance à la fusion.

L'iridium a une grande affinité pour le carbone. Un morceau de ce métal, plongé dans la flamme d'une lampe alcoolique, s'est bientôt couvert d'une végétation charbonneuse, semblable à celle d'une chandelle de suif

qu'on ne mouche point. Lorsqu'elle a eu atteint un plus grand volume, je l'ai jetée dans l'eau; et, après en avoir recueilli une quantité suffisante et l'avoir desséchée dans le vide, j'ai trouvé, en la calcinant au rouge, qu'elle contenait 80,2 d'iridium et 19,8 de carbone. Cette composition est représentée par l'expression $IrC^4$. Le carbure d'iridium ainsi obtenu est noir; il tache comme le noir de fumée, et paraît aussi doux au toucher. Il prend feu par une douce chaleur, luit et continue à brûler après même avoir été retiré du feu. L'iridium compacte, duquel le carbure s'était séparé, est d'un gris foncé et de plus en plus carboné; mais je n'en ai pas déterminé la composition, parce qu'il est difficile de l'avoir constante.

Lorsque dans une dissolution d'iridium on met de l'acide sulfurique et du fer pour réduire l'iridium, la liqueur devient bientôt d'un vert-gris et contient du chlorure; en la mettant en digestion, elle laisse précipiter une poudre pesante, qui est un sel double basique de sulfate de peroxide de fer et de sulfate basique d'oxidule d'iridium. Ce sel, étant chauffé, devient rouge, et, traité alors par l'acide hydrochlorique, il reste beaucoup d'iridium à l'état métallique.

---

Dans mon premier travail, j'ai cherché à prouver que l'osmium forme un sesquioxidule, quoique je n'eusse pas réussi à le préparer d'une manière satisfaisante. J'ai trouvé depuis qu'on l'obtient facilement en traitant le binoxide par l'ammoniaque caustique; le mélange s'échauffe, le binoxide se fond en gouttes jaunes qui se précipitent au fond du vase et se prennent en une masse

aigre, sans cristallisation, avec une couleur rouge. C'est de l'osmiate d'ammoniaque. Ce sel se dissout dans l'eau avec une belle couleur jaune, et se conserve sans altération; mais, si l'on ajoute à la dissolution un grand excès d'ammoniaque caustique, elle devient plus foncée, et enfin noire et opaque au bout d'un certain temps, ou même de quelques heures si on l'échauffe. Il se dégage du gaz azote avec une légère effervescence, et le binoxide se change en sesquioxidule, dont une partie se dépose sur les parois du vase en une couche transparente d'un brun-jaune. On peut laisser le vase fermé, jusqu'à ce que la couleur soit d'un brun foncé; on ôte alors le bouchon et on le replace sans le presser, car dès ce moment il ne se volatilise plus d'osmium. Enfin on évapore la liqueur brune dans un vaisseau ouvert, jusqu'à ce que toute l'ammoniaque en excès soit volatilisée, et on lave le sesquioxidule sur un filtre. C'est une poudre d'un brun foncé, insoluble dans l'eau, qui contient de l'ammoniaque en combinaison intime. Chauffé après avoir été desséché, il se décompose avec boursoufflement. Bouilli avec une dissolution de potasse caustique et lavé, il détonne avec bruit, mais seulement dans l'endroit où la chaleur est immédiatement appliquée; la portion adjacente est projetée sans détoner avant d'avoir été échauffée. Le liquide d'où ce fulminate d'osmium s'est précipité est ordinairement jaune ou brun, et contient un sel double de nitrate ou d'hydrochlorate d'ammoniaque et d'osmium, d'où on peut précipiter l'osmium par la potasse caustique et l'ébullition. On réussit aussi assez bien avec le carbonate de soude; mais le carbonate de potasse, ou dissout le précipité, ou

ne précipite pas l'osmium. J'ai cherché à obtenir le sesquioxidule d'osmium exempt d'ammoniaque, en ajoutant au sel double avec l'acide hydrochlorique un excès de carbonate de potasse, filtrant la dissolution, évaporant à siccité pour chasser les dernières traces d'ammoniaque, saturant l'alcali avec l'acide hydrochlorique, et ajoutant ensuite de la potasse caustique; mais l'oxidule ainsi obtenu s'est décomposé par la chaleur avec un développement rapide de gaz qui projetait la poudre de l'osmium réduit.

L'ammoniure de sesquioxidule se dissout, dans l'acide hydrochlorique concentré, en un liquide qui a tout-à-fait l'apparence d'une dissolution de sesquioxidule d'iridium. Evaporé à siccité, il donne une masse saline noire, incristallisée, qui reste sèche à l'air. Après une trop forte dessication, le sel ne se dissout pas quelquefois en entier, mais il reste un sel basique en flocons bruns insolubles. Chauffé dans une retorte, il devient demi-fluide, se boursouffle et donne de l'acide hydrochlorique en laissant de l'osmium réduit. On peut empêcher le boursoufflement en mêlant le sel, avant de le chauffer, avec un tiers de son poids ou même plus de sel ammoniac. C'est là le procédé le plus facile et le plus sûr de réduire l'osmium sans en perdre. Il se présente en une masse faiblement cohérente, poreuse, boursoufflée, d'un bleu-gris et d'un grand éclat métallique. On n'est assuré de la décomposition complète du sel que par l'entière cessation du dégagement d'acide hydrochlorique, et l'on doit ordinairement faire rougir le fond de la masse pour terminer la décomposition. Le sel ammoniac sublimé n'entraîne point d'osmium.

Le sel double du sesquioxidule avec le sel ammoniac se dissout dans l'alcool, mais en plus petite quantité que dans l'eau. La dissolution n'est point décomposée par le fer. Le zinc en sépare une trace d'osmium, mais la plus grande partie reste en dissolution malgré l'addition d'acide et l'action de la chaleur.

La combinaison du sesquioxide avec l'ammoniaque se dissout aussi dans d'autres acides, et forme avec eux des sels doubles incristallisables. Le sulfate est brun. On peut en séparer un excès d'acide par la chaleur sans réduire l'osmium ; seulement le sel restant est incomplètement soluble dans l'eau, et laisse une combinaison basique. Le nitrate est peu soluble dans l'eau ; il se précipite d'une dissolution neutre et chaude, sous la forme d'une poudre brune qui ressemble parfaitement à un dépôt extractif d'un brun foncé. Une dissolution acide laisse par l'évaporation une matière brune, semblable à un extrait, qui se dessèche à 40° en une substance terreuse. Ce sel, exposé à la chaleur, brûle comme une fusée, et lance tout autour l'osmium en une poudre noire sans apparence métallique. Je n'ai point fait des essais avec les autres acides.

(*Annalen der Physik*, t. xv, p. 208.)

---

## ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi 24 août 1829.*

*Pièces manuscrites présentées dans la séance.* Paquet cacheté de M. Alphonse Sauson ; Note de MM. François

Caventou, sur les propriétés médicales qu'ils ont
connues dans la racine d'un arbuste du Brésil de la
mille des rubiacées; Essai sur l'isochronisme des
essorts spiraux d'un chronomètre sans acier, et Notes
iverses, par M. Houriet; Lettre de M. Bories, qui
emande à être porté sur la liste des candidats à la place
e professeur-adjoint de pharmacie de Montpellier; Suite
u Traité du fabricant d'étoffes de soie, par feu M. Pau-
et, présenté par son fils.

M. Cassini fait un rapport très-favorable sur un grand
avail de M. Achille Richard, concernant l'étude géné-
ale de la famille des rubiacées.

M. Duméril rend de même un compte avantageux du
lémoire de M. Roullin relatif aux effets de l'ergot du
aïs sur les hommes et sur les animaux.

D'après le rapport fait par M. Mathieu, il ne paraît
as que l'instrument de M. Vaucher destiné à tracer des
arallèles diversement espacés, offre rien de remar-
uable.

M. Girard présente l'analyse verbale de la nouvelle
listoire de la navigation intérieure de la France, que
I. Dutems vient de publier.

M. Blainville lit un Mémoire sur le Ganga.

Sur la demande de M. Amussat, on donne lecture du
ésumé de ses travaux sur la torsion des artères. Le
aquet cacheté qui contenait cette Note avait été déposé
e 20 juin dernier.

La Section de médecine et de chirurgie présente la
ste suivante de candidats pour la place de correspon-
ant actuellement vacante dans son sein :

MM. Meckel, à Halle; Fodéré, à Strasbourg; Bre-

tonneau, à Tours; Abercrombie, à Edimburgh, et Lallemand, à Montpellier; Barbier, à Amiens, et Braschet, à Lyon.

*Séance du lundi* 31 *août.*

*Pièces manuscrites.* Ordonnance royale du 23 août, relative à l'emploi des fonds du legs Monthyon; Paquet cacheté de M. Cottereau, agrégé à la Faculté de médecine; Mémoire de M. Monpensier sur la quadrature du cercle.

Le scrutin pour la nomination d'un correspondant a donné la majorité des suffrages à M. Meckel.

L'Académie a entendu ensuite des Méditations sur la nature, par M. Geoffroy-Saint-Hilaire; un Mémoire de M. Cauchy sur des applications du calcul des résidus; et un Mémoire de M. Amussat intitulé : *Nouveau procédé pour arrêter les hémorragies traumatiques des artères et des veines.*

*Séance du lundi* 7 *septembre.*

*Pièces manuscrites.* Lettre du Ministre de l'Intérieur contenant un rapport du Préfet du Haut-Rhin, sur un tremblement de terre ressenti dans ce département le 7 août dernier. Lettre du Ministre de la Guerre concernant l'offre qui lui a été faite de céder au Gouvernement un procédé pour teindre la laine à l'aide du bleu de Prusse; Note sur une montre de M. Rebillier, exécutée en cristal de roche; Mémoire sur un nouveau système de déligation, par le D^r Mayor.

M. Devaulx, de Raguse, avait présenté une méthode

qu'il croyait propre à la détermination des longitudes. Il résulte du rapport de M. de Rossel, que la méthode n'est ni neuve ni exacte.

L'Académie a entendu la fin du Mémoire de M. Amussat sur les moyens d'arrêter les hémorragies des artères; des Recherches de M. Chevillot sur les gaz de l'estomac et des intestins de l'homme à l'état de maladie; et un Mémoire de M. Barré sur les communications du mouvement par le choc des corps élastiques.

*Séance du lundi 14 septembre.*

*Pièces manuscrites.* Lettre du Ministre de l'Intérieur qui demande un rapport sur un Mémoire de M. Pélissier de Carpentras, concernant la direction des aérostats; Lettre de M. Fay, qui se présente comme candidat à la place vacante à l'Ecole de pharmacie de Montpellier; Lettre dans laquelle M. Dubouchet annonce avoir trouvé un dissolvant des calculs urinaires qui n'attaque pas la vessie; Mémoire sur la percussion médiate, par M. Piorry; Considérations médico-légales sur l'interdiction des aliénés, par M. Brierre de Bismont; Description de quelques machines perfectionnées pour l'écriture nocturne, à l'usage des aveugles, par M. Charles Barbier; *Vade mecum* de l'orfèvre et du bijoutier, par M. Fessard.

L'Académie a entendu un Mémoire de M. Jobert sur le fait de la division des terrains en un grand nombre de couches de différente nature; un Mémoire de M. Rigal sur de nouveaux procédés de lithotritie; enfin une Dissertation de M. Raucourt sur l'inondation de Pétersbourg.

*Séance du lundi 21 septembre.*

*Pièces manuscrites.* Note sur les racines primitives, par M. Berthevin ; Note de M. Payen sur les causes de la dureté que prend quelquefois le sulfate de chaux ; Mémoire de M. le Dr Mayor de Lausanne, sur un cadre clinique destiné aux malades qu'on ne peut pas transporter d'un lieu dans un autre.

Le reste de la séance a été rempli par la lecture d'un rapport très-favorable de M. Geoffroy-Saint-Hilaire sur les travaux de la commission scientifique envoyée en Morée, et par celle d'un rapport spécial de M. Brongniart concernant les intéressantes recherches géologiques de M. Virlet, membre de la même commission.

*Séance du lundi 28 septembre.*

*Pièces manuscrites.* Lettre de M. Robert à M. Geoffroy, contenant la figure et la description d'un œuf qui, ayant été trouvé dans un trou d'où l'on avait vu sortir un ornithorynque, est regardé comme venant de ce quadrupède ; Considérations théoriques sur les cavernes à ossemens de Bize, par M. Tournal ; Note cachetée de M. Dutrochet ; Lettre de M. Kupffer à M. Arago sur une ascension du mont Elbruz.

M. Cuvier fait le rapport le plus favorable sur les résultats du voyage que le Dr Charles Bélanger a fait, par la route de terre, aux Indes orientales.

M. Leroy d'Etioles lit un Mémoire sur la rétention d'urine occasionée par l'engorgement de la prostate, et sur la paralysie de la vessie.

*Séance du lundi 5 octobre.*

*Pièces manuscrites.* Lettre de M. Legrand sur un cas d'affection scrofuleuse grave, qu'il a traitée et guérie par des préparations d'or; Lettre de M. Foureau de Beauregard annonçant que le moyen curatif qu'il avait proposé contre la fièvre jaune (les préparations de ratanhia) a réussi à la Vera-Crux, par les soins du D[r] Chabert; Lettre de M. Aldini, qui demande des commissaires pour l'examen des moyens à l'aide desquels il espère préserver les pompiers de l'action de la flamme pendant les incendies; Lettre de M. Antomarchi sur la non-communication normale des vaisseaux lymphatiques et des veines capillaires; Note de M. Payen sur les limites de la température à laquelle le sulfate de chaux natif perd son eau de cristallisation.

M. Lisfranc lit un Mémoire intitulé : *Sur des cancers superficiels qu'on croyait profonds*, et observations sur des cas dans lesquels les malades ont été préservés de l'amputation d'organes importans.

M. Chabrier lit un Mémoire sur les moyens de voyager dans l'air et de s'y diriger.

La Section de chimie présente en comité secret la liste suivante de candidats pour la place de professeur-adjoint à l'Ecole de pharmacie de Montpellier.

Au premier rang, et hors de ligne, M. Balard; ensuite M. Regimbeau aîné, pharmacien, et M. Bories, docteur en médecine.

*Séance du lundi 12 octobre.*

*Pièces manuscrites.* Dépôt cacheté de M. Caillot; Note de M. Niles sur deux jeunes gens de dix-huit ans,

réunis par l'ombilic : Lettre de M. de Humboldt à M. Arago, contenant une relation abrégée de son important voyage en Sibérie et vers les frontières de la Mongolie.

M. Cuvier lit un Mémoire sur un nouveau genre de ver intestinal, qu'il nomme *hécatoncotyle*.

M. Poisson lit le Mémoire dont l'analyse fait partie de ce Cahier.

M. Mathieu fait un rapport sur une échelle propre à faciliter la construction des plans, proposée par M. Chauvin : l'instrument est bon, mais il paraît devoir être bien cher.

M. Lisfranc lit un Mémoire sur l'excision de la partie inférieure du rectum devenu carcinomateux.

Enfin, l'Académie va au scrutin pour l'élection d'un candidat à la place vacante à l'Ecole de pharmacie de Montpellier : M. Balard obtient l'unanimité des suffrages.

---

## Observations *sur l'Iodure et le Chlorure d'azote.*

Par M. Sérullas.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 6 juillet 1829.)

Quelques chimistes ayant admis, sans l'avoir démontrée, l'existence du sulfure d'azote, j'avais pensé que, si ce corps pouvait se produire, on devait l'obtenir en mettant en contact de l'hydrogène sulfuré avec l'iodure d'azote. L'action connue de l'iode sur l'hydrogène sulfuré rendait extrêmement probable une formation,

dans cette circonstance, d'acide hydriodique et de sulfure d'azote.

Le mélange d'hydrogène sulfuré en dissolution et d'iodure d'azote ayant été fait, la décomposition a été presque subite et rendue évidente par une précipitation abondante d'une substance blanche ayant l'apparence d'hydrate de soufre. Aucun dégagement de gaz n'ayant eu lieu, on pouvait croire que la réaction cherchée s'était effectuée. Mais les produits examinés n'ont présenté que du soufre, de l'hydriodate d'ammoniaque et un léger excès d'acide hydriodique dépendant d'une quantité variable d'iode qui se trouve en excès dans l'iodure d'azote, attendu que pendant le lavage une plus ou moins grande quantité de ce corps est décomposée en raison de la faiblesse des liens qui unissent ses principes constituans ; l'iode, extrêmement peu soluble, devient prédominant.

La présence inattendue de l'ammoniaque dans cette circonstance a fait croire, ou que l'iodure n'avait pas été exactement privé, par les lavages, de l'hydriodate d'ammoniaque qui se forme en même temps, ou que l'ammoniaque s'était reproduite au moyen d'une partie de l'hydrogène de l'acide hydrosulfurique, l'azote montrant peu de tendance à s'unir au soufre ; ou encore il était possible que l'azote se fût échappé sans être aperçu.

Dans tous les cas, il était nécessaire de recommencer l'expérience avec la précaution bien observée de laver l'iodure jusqu'à ce qu'il cessât de rougir le curcuma, et qu'on eût la certitude, par les réactifs, que les eaux de lavage ne contenaient pas d'ammoniaque combinée.

Cet iodure d'azote, parfaitement lavé, a été mêlé, comme la première fois, avec une dissolution d'hydrogène sulfuré ; les résultats ont été les mêmes ; aucun dégagement de gaz, dépôt de soufre et formation d'hydriodate d'ammoniaque avec excès d'acide. L'expérience, répétée plusieurs fois, a toujours offert les mêmes produits.

On doit rappeler que, pendant le lavage de l'iodure

d'azote ordinaire, les détonations connues ont presque toujours brisé, avant que le lavage fût achevé, tantôt les capsules, tantôt les entonnoirs ou les éprouvettes, et que j'aurais été forcé de renoncer à mes recherches si je n'eusse trouvé que l'iodure d'azote, préparé par un autre moyen que j'indiquerai, ne détonait pas, ou très-rarement, étant manié humide, et que, dans ce cas, l'explosion était faible.

L'apparition constante d'ammoniaque devenait très-remarquable en ce qu'on pouvait la considérer, vu la circonstance, ou comme un produit nouveau, ou comme une simple séparation de cette ammoniaque opérée par l'acide hydrosulfurique. J'ai donc dû, outre la décomposition de l'iodure par l'acide hydrosulfurique qui s'effectue presque tout-à-coup paisiblement, tenter de l'obtenir par un autre moyen plus direct, afin de suivre la réaction dans tous ses produits, dont l'examen attentif pouvait seul lever les doutes à cet égard.

On a placé sous une cloche pleine d'eau, renversée sur une assiette contenant aussi de l'eau, une certaine quantité d'iodure plié dans du papier pour éviter sa dispersion. On a chauffé doucement; très-peu de gaz azote s'est dégagé, de l'iode s'est séparé; l'iodure a été promptement et entièrement décomposé. La liqueur, examinée, a donné par les réactifs de l'ammoniaque.

La même expérience a été répétée, à la température ordinaire, en étendant de beaucoup d'eau l'iodure. Après quelquès heures, on a reconnu, par la coloration de la liqueur, de l'iode libre; un faible dégagement de gaz avait eu lieu successivement. Le liquide filtré et concentré par la chaleur, étant traité par la chaux, a laissé exhaler de l'ammoniaque. Pour obtenir la décomposition complète d'une certaine quantité d'iodure abandonnée à elle-même sous l'eau, il faut un jour ou deux.

Dans d'autres essais semblables faits, soit à froid, soit à chaud, il a été ajouté de l'acide sulfurique ou de l'acide nitrique étendus, au point que l'eau sous laquelle était placée l'iodure rougit suffisamment le papier de tourne-

sol. La décomposition s'opère en quelques minutes, et la présence de l'ammoniaque se décèle comme précédemment; il y a dépôt d'iode sans dégagement de gaz.

Il est encore à observer que, dans ces expériences, lorsqu'on emploie l'iodure d'azote obtenu par le procédé ordinaire, et qu'on le chauffe dans l'eau seule, ou qu'on y ajoute, même par très-petites portions, les acides nitrique ou sulfurique étendus, il y a des soubresauts très-forts, et souvent des explosions qui brisent les vases. On n'éprouve pas cet inconvénient avec l'iodure préparé au moyen d'une dissolution alcoolique d'iode, mêlée à l'ammoniaque liquide.

On peut rapporter cette différence très-remarquable à plusieurs causes. D'abord l'iodure, préparé par l'alcool, doit offrir une combinaison plus parfaite dans toutes ses parties, et par là être plus stable; il est ensuite dans un état de division extrême, et sa finesse rend le frottement moins dur lorsqu'il éprouve du mouvement ou de la pression. L'on sait, en outre, que la détonation de cette substance, quand elle est sous l'eau ou humide, n'a lieu que partiellement; la détonation s'effectuera sur des molécules infiniment petites relativement à l'iodure en poudre, dont les parties plus grossières produiront une détonation proportionnelle à leur masse.

Jusque-là, et surtout d'après les expériences faites sur l'iodure d'azote sans autre intermède que l'eau, j'avais pensé que l'ammoniaque préexistait dans le composé, et qu'il n'y avait qu'une simple séparation de cet alcali; conséquemment que c'était un iodure d'ammoniaque (1), parce qu'il me paraissait peu probable que l'ammoniaque fût décomposée et reproduite au même instant, et à peu

(1) Cette composition m'a paru un instant d'autant plus probable qu'elle expliquait d'une manière plus satisfaisante la détonation, avec chaleur et lumière, de l'iodure et du chlorure d'azote, en se reportant à l'action connue du chlore sur l'ammoniaque.

près dans la même circonstance, c'est-à-dire, dans l'eau; c'est cependant ce qui a lieu.

L'iodure d'azote décompose l'eau comme d'autres iodures, chlorures et bromures; l'hydrogène s'unit en partie à l'azote pour former de l'ammoniaque; une autre partie donne naissance à de l'acide hydriodique, et l'oxigène avec de l'iode produit de l'acide iodique. On trouve en effet, dans cette eau où l'iodure a séjourné, ou bien dans laquelle on l'a fait chauffer pour obtenir un résultat plus prompt, de l'iodate et de l'hydriodate d'ammoniaque; plus, de l'iode provenant de la décomposition immédiate d'une certaine quantité d'iodure en azote et en iode.

Quand on verse de la potasse caustique en dissolution ou de la chaux délayée, par petites portions et par intervalles, sur l'iodure d'azote placé sous l'eau, il y a formation d'iodate et exhalation d'ammoniaque; à peine se dégage-t-il de l'azote lorsque l'alcali est mis successivement avec précaution, ce qui n'avait pas été observé. Le dégagement abondant de gaz qu'on a remarqué n'a lieu que lorsque ce même alcali est ajouté en masse ou en dissolution concentrée, d'où résulte une élévation de température suffisante pour décomposer l'iodure en azote et iode; l'alcali réagit alors sur ce dernier à la manière accoutumée.

On a vu que la décomposition de l'iodure d'azote dans l'eau s'opère à la température ordinaire en plus ou moins de temps, et promptement à l'aide de la chaleur, ou lorsqu'on y ajoute de l'acide sulfurique ou nitrique. Cette dernière addition exclut la formation d'acide hydriodique, qu'on y trouve au contraire dans le cas où on a employé de l'eau seulement.

La présence de cet acide iodique se démontre aisément, soit par l'acide sulfureux qui, ajouté avec précaution pour qu'il n'y en ait pas en excès, en précipite l'iode, soit par le nitrate d'argent qui donne un précipité entièrement soluble dans l'ammoniaque.

### *De l'action de l'acide hydrochlorique sur l'iodure d'azote.*

Cette action est très-remarquable ; elle donne lieu à des phénomènes différens de ceux que produisent, dans ce cas, les acides nitrique et sulfurique, différence dépendant de l'action destructive que ces deux acides exercent sur l'acide hydriodique ou ses combinaisons.

En versant peu à peu sur l'iodure d'azote placé sous l'eau de l'acide hydrochlorique affaibli jusqu'à ce qu'il y en ait un excès bien marqué, l'iodure disparaît promptement sans dégagement de gaz ; si on y ajoute ensuite, jusqu'à ce qu'il y en ait aussi un petit excès, une dissolution de potasse caustique, l'iodure d'azote se précipite. On peut faire disparaître et reparaître alternativement ce dernier, en ajoutant tour-à-tour de la potasse et de l'acide ; le changement est si prompt qu'on dirait qu'il résulte d'une simple dissolution de l'iodure dans l'acide hydrochlorique et d'une saturation de l'acide.

Mais il n'en est pas ainsi. L'acide hydrochlorique détermine, comme les deux autres acides, la décomposition de l'eau, d'où résulte encore de l'acide iodique, de l'acide hydriodique et de l'hydrochlorate d'ammoniaque ; l'excès d'acide hydrochlorique réagit en même temps sur les acides hydriodique et iodique, en sépare de l'iode qui reste en dissolution dans l'acide chloroiodique. La potasse, ajoutée alors, met en liberté et l'iode et l'ammoniaque qui se trouvent dans les circonstances favorables pour produire la substance fulminante. Le sous-carbonate de soude ou de potasse précipite aussi de l'iodure d'azote de cette dissolution ; ceux-ci, comme la potasse caustique, font disparaître le précipité, si on en met un grand excès.

On voit que, sous l'influence de l'acide hydrochlorique et par son concours, l'iodure d'azote se transforme en un composé tout-à-fait semblable à celui que M. Gay-Lussac désigne sous le nom de *sous-chlorure d'iode* (1),

---

(1) *Annales de Chimie*, t. XCI, p. 50.

dont le caractère principal est de précipiter de l'iode par un alcali. Ce composé étant ici avec de l'ammoniaque, la potasse qu'on y ajoute rend libres tout à la fois et l'iode et l'ammoniaque, lesquels reproduisent sur-le-champ l'iodure d'azote; il se forme en même temps une certaine quantité d'iodate et d'hydriodate de potasse, qui fournissent les matériaux propres à l'apparition ou la disparition alternatives de l'iodure d'azote, par une nouvelle addition tantôt d'acide hydrochlorique, tantôt de potasse. J'avais indiqué (1) le sous-chlorure d'iode comme moyen de préparer l'iodure d'azote.

Voici les expériences qui démontrent que la réaction doit se passer, ainsi qu'on vient de le dire :

1°. A mesure qu'on ajoute de l'acide hydrochlorique sur l'iodure d'azote parfaitement lavé jusqu'à ce que l'eau de lavage ne rougisse absolument plus le curcuma, l'acide est neutralisé pendant un certain temps. Cette dissolution, soumise à une longue ébullition, ne contient plus que de l'hydrochlorate d'ammoniaque; l'iodate et l'hydriodate ont été décomposés, comme on l'a dit.

2°. De l'acide sulfureux en très-petite quantité, ajouté à la dissolution d'iodure d'azote dans l'acide hydrochlorique, précipite abondamment de l'iode, caractère déjà rappelé de l'acide iodique. Si, au lieu d'acide sulfureux, on y verse du nitrate d'argent, il y a formation d'iodate, d'iodure et de chlorure d'argent.

3°. Si on ajoute à cette même dissolution d'iodure d'azote dans l'acide hydrochlorique, de l'hydriodate d'ammoniaque par très-petites portions, il se précipite de l'iode qui se dissout aussitôt, jusqu'à ce que le chlorure en soit saturé, alors l'iode reste en suspension; ce qui indique que les proportions primitives d'acides iodique et hydriodique ne sont pas telles que la décomposition mutuelle de ces deux acides, déterminée par l'acide hydrochlorique, puisse être complète, et qu'il reste un excès d'acide iodique.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, p. 186.

4°. De la potasse, versée dans une dissolution d'iodate et d'hydriodate d'ammoniaque, n'y produit pas de changement visible : mais, si auparavant on a ajouté de l'acide hydrochlorique, il se forme aussitôt un précipité d'iodure d'azote.

5°. Enfin, une dissolution d'acides iodique et hydrochlorique ne peut donner de précipité d'iode par la potasse ; mais on obtient ce précipité si on a préalablement dissous de l'iode dans le mélange : c'est ce qu'a fait M. Gay-Lussac pour constater l'identité d'un tel mélange avec la dissolution de chlorure d'iode (1).

La reproduction d'ammoniaque dont il vient d'être question, en présence de l'iode avide d'hydrogène, est assez remarquable en ce qu'elle nous offre un exemple des mieux caractérisés de cette action réciproque et simultanée des corps que nous appelons *affinité double*, qui donne des combinaisons qui s'opéreraient en sens inverse avec les mêmes élémens mis en contact dans une autre circonstance ; car, dans le cas présent, si rien ne changeait l'affinité ordinaire de l'iode pour l'hydrogène, on devrait avoir de l'acide hydriodique et de l'acide nitreux ou nitrique ; mais l'action a lieu dans un autre ordre, parce que la tendance d'un acide à s'unir à une base détermine et la formation de l'acide et la formation de la base ; cet acide est l'acide iodique, et la base l'ammoniaque.

On voit, ainsi qu'on l'a observé, pourquoi, dans la décomposition spontanée des matières animales ou végétales azotées, il y a production d'acide nitrique lorsqu'elles sont en contact avec les bases et formation d'ammoniaque hors de leur présence.

Ce principe a été rappelé par M. Gay-Lussac, dans l'instruction sur la fabrication du salpêtre, avec des développemens du plus haut intérêt, et qu'on ne doit pas perdre de vue quand on s'occupe de l'exploitation des nitrières artificielles.

---

(1) *Annales de Chimie*, tome XCI, page 52.

M. Vauquelin, dans l'étude qu'il vient de faire du suc de carottes et de l'acide pectique, au milieu de considérations générales des plus importantes, a fait connaître l'influence que les bases peuvent avoir sur la transformation des acides végétaux les uns dans les autres et sur leur reproduction (1).

### *Préparation de l'iodure d'azote.*

On a les conditions les plus favorables, ainsi qu'on l'a déjà dit, pour préparer l'iodure d'azote, en saturant d'iode de l'alcool à 33°, filtrant ou décantant pour séparer quelques impuretés qui s'y trouvent toujours, et y versant de l'ammoniaque liquide en grand excès; on agite avec un tube en opérant dans une capsule. On étend d'eau, et par le repos l'iodure se dépose de manière à ce qu'avec de l'habitude on peut décanter facilement jusqu'à la dernière portion le liquide surnageant; on lave jusqu'à ce que l'eau de lavage n'agisse plus sur le papier curcuma; l'iodure reste sous forme d'une pâte fine et noire. Le lavage par décantation est plus commode et plutôt achevé; on est pourtant quelquefois obligé de le terminer sur le filtre, parce que l'iodure étant extrêmement divisé, une partie ne se dépose que lentement.

Quoi qu'il en soit, cette simple modification en fait un procédé incomparablement supérieur à ce qu'il est, tel qu'on l'a indiqué. L'iode, ainsi dissous, est dans un état moléculaire qui lui donne plus d'aptitude à la combinaison que dans l'état de division mécanique où on le réduit par la pulvérisation. Pour des expériences rigoureuses, on a la certitude que tout l'iode est bien combiné, que le produit est pur; mais l'avantage le plus marqué qu'il présente est la possibilité de le laver exactement, et de l'agiter sous l'eau sans craindre les déto-

(1) Depuis, M. Gay-Lussac a fait, à ce sujet, des expériences extrêmement intéressantes, d'après lesquelles il a constaté que l'action de la potasse sur les matières organiques donnait naissance à de l'oxalate de cette base.

nations. La pression, même avec un tube qui, dans ce cas, fait détoner si facilement l'iodure ordinaire, est sans effet sur celui-ci.

L'iode, précipité de sa dissolution alcoolique par l'eau, mis ensuite en contact avec l'ammoniaque liquide, donne un iodure qui, comme celui fait avec l'iode en poudre, détonne sous l'eau par le plus léger frottement.

On a dit qu'il ne se dégageait pas de gaz dans la préparation de l'iodure d'azote; on peut se convaincre du contraire en mêlant, soit de la dissolution alcoolique d'iode, soit de l'iode en poudre, avec l'ammoniaque liquide, dans un tube fermé par un bout et renversé sur une capsule contenant de l'eau. On voit, dès les premiers momens, des bulles de gaz azote extrêmement fines venir crever à la partie supérieure, et dont la quantité augmente successivement et rapidement.

### *Sur le chlorure d'azote.*

Les observations que j'avais faites sur l'iodure d'azote m'ont conduit à soumettre aux mêmes expériences le chlorure d'azote, et l'analogie faisait prévoir que l'on obtiendrait des résultats semblables à ceux qu'avait présentés l'iodure. Cependant des différences notables ont été observées dans les produits que donne le chlorure d'azote lorsqu'il est en contact avec l'eau seulement, ou en même temps avec des corps qui n'ont pas d'action sur ce liquide.

J'ai préparé une assez grande quantité de chlorure d'azote par le moyen qui consiste à faire une dissolution de 1 partie d'hydrochlorate d'ammoniaque et 15 parties d'eau qu'on distribue tiède dans des assiettes sur lesquelles on renverse des cloches pleines de chlore. En 15 à 20 minutes, le chlorure est produit, en ayant soin d'ajouter de la dissolution à mesure qu'elle monte dans la cloche par l'absorption du chlore.

Le chlorure a été lavé à l'eau distillée dans les assiettes mêmes où il a été formé, après en avoir retiré les cloches

avec précaution pour ne pas le disperser par l'agitation. Le lavage a été continué jusqu'à ce que l'eau ne précipitât plus par le nitrate d'argent, afin d'avoir la certitude qu'il ne restât plus de l'hydrochlorate employé à sa préparation. On tient l'assiette inclinée de manière à ce que le chlorure se trouve réuni à la partie inférieure, et l'on y fait couler de l'eau continuellement pour qu'il en reste toujours couvert, et éviter sa disparition qui, à l'air, s'effectue en un clin d'œil, tant il est volatil.

On a placé des portions de ce chlorure dans de grandes éprouvettes contenant déjà un peu d'eau distillée, et on les a remplies d'acide hydrosulfurique liquide. Bientôt du soufre a rendu la liqueur lactescente. De loin en loin une bulle de gaz s'est montrée à la surface du chlorure. L'acide hydrosulfurique n'étant pas en quantité suffisante, il a été renouvelé; et de temps en temps le liquide surnageant a été décanté en majeure partie, pour être reversé sur le chlorure; ce qui donne lieu à un mouvement qui le mêle à l'acide hydrosulfurique et hâte sa décomposition. Il faut éviter de faire usage de tubes pour agiter, car le frottement peut déterminer l'explosion.

Le chlorure ayant disparu, le liquide, concentré par la chaleur et filtré pour en séparer le soufre, contenait de l'hydrochlorate d'ammoniaque avec un excès d'acide proportionnel à la quantité d'azote mise en liberté, et correspondant à la quantité de chlore convertie alors en acide hydrochlorique par l'hydrogène sulfuré.

On a indiqué (*Thomson*, tome 1, page 251) que le chlorure d'azote dans l'acide hydrochlorique concentré donne lieu à une grande émission de gaz, et qu'il restait dans la liqueur de l'hydrochlorate d'ammoniaque.

Le célèbre auteur de la découverte du chlorure d'azote, dont le zèle pour les progrès de la science égale la modestie et le profond savoir, ayant été arrêté dans l'étude de ce corps par les blessures graves que lui avaient occasionées les explosions réitérées de ses appareils, n'a pu compléter l'examen de cette trop redoutable substance. Nous ne connaissons que ce qu'il avait pu faire à ce sujet au moment où il a été mis dans l'impossibilité de conti-

nuer ses recherches : on y a peu ajouté depuis ; seulement quelques chimistes ont donné une liste des substances avec lesquelles le chlorure d'azote fait explosion. J'ai profité de l'occasion pour le mettre en contact avec d'autres corps encore, ou avec quelques-uns de ceux déjà essayés, et qui m'ont présenté des résultats non observés.

1°. Sous l'*eau pure*, à la température ordinaire, tout disparaît en vingt-quatre heures ; une partie se sépare en chlore et azote, et l'autre décompose l'eau, d'où résultent de l'acide hydrochlorique et de l'acide nitrique.

2°. La *potasse caustique* en dégage de l'azote, et il y a formation de nitrate et d'hydrochlorate de potasse.

3°. *Hydrogène sulfuré :* la manière dont il agit et qu'on ignorait entièrement vient d'être exposée plus haut.

4°. *Soufre :* il s'y dissout paisiblement, mais il faut agir sur de petites quantités à la fois.

Il se forme en peu de temps de l'acide hydrochlorique, de l'acide sulfurique et de l'ammoniaque ; une odeur de chlorure de soufre se fait sentir, et il se dégage de l'azote.

5°. *Sulfure de carbone* mêlé au chlorure d'azote ; action lente, azote dégagé ; acides hydrochlorique et sulfurique formés ; ammoniaque.

Ce même mélange, dans lequel on jette un fragment suffisant de phosphore, éprouve une décomposition subite avec une vive ébullition sans détonation, comme l'ont observé MM. Berzelius et Marcet ; et on a les mêmes produits que ceux qui résultent de l'action du chlorure de phosphore sur l'eau, plus de l'ammoniaque.

6°. Le *sélénium* produit une explosion aussi prompte et aussi violente que le phosphore.

7°. L'*arsenic en poudre* détone aussi violemment avec une grande lumière.

8°. L'*oxide d'arsenic* (acide arsénieux) : la décomposition tranquille n'est pas long-temps à s'opérer ; du chlorure d'azote se volatilise, une autre partie donne lieu à de l'acide hydrochlorique et de l'ammoniaque.

9°. Le *nitrate d'argent* agit assez promptement et aussi tranquillement ; dégagement abondant de gaz composé en majeure partie de chlore et d'un peu d'azote.

Dans ce cas, une partie du chlorure se sépare en chlore et en azote, qui seraient sans doute dans le rapport de 1 volume d'azote pour 3 volumes de chlore, si ce dernier n'était pas absorbé en partie. Dans la séparation que j'ai faite de ces deux gaz au moyen de la potasse, j'ai trouvé des quantités variables de chlore, souvent les deux tiers du volume total, selon le temps qu'il restait en contact avec le nitrate d'argent, ou que ses points de contact étaient plus ou moins multipliés par l'agitation.

Cette séparation du chlore au milieu du nitrate d'argent paraît singulière ; mais, en observant les cloches sous lesquelles l'action se passe, on voit l'azote, provenant de la partie du chlorure d'azote qui se décompose en chlore et azote, entraîner avec lui le chlorure non décomposé, lequel reste à la surface du liquide plus en contact avec le chlorure d'argent formé qu'avec le nitrate d'argent excédant ; dans cette position, la séparation des deux élémens, chlore et azote, continue.

Ainsi le chlorure d'azote, au contact du nitrate d'argent, se décompose en partie en chlore et en azote qui se dégage ; il y a formation de chlorure d'argent et d'acide nitrique, qui s'ajoute à celui provenant du nitrate d'argent décomposé. On ne trouve point dans la liqueur d'acide nitreux, ni dans les gaz de l'oxide de chlore ou du protoxide d'azote.

10°. L'*oxide d'argent* : décomposition assez prompte ; un peu d'azote dégagé ; formation de chlorure d'argent et d'acide nitrique ; conséquemment nitrate, l'oxide d'argent étant en excès. La liqueur, chauffée et filtrée

[redacted]



pour en séparer le chlorure, précipite abondamment par l'acide hydrochlorique.

11°. Avec les *oxides de cuivre*, *de cobalt*, *de plomb*, il y a dégagement d'azote, formation d'acides nitrique et hydrochlorique.

*Sur l'argent fulminant.*

Le composé d'argent qu'on obtient en mettant en contact de l'oxide d'argent et de l'ammoniaque dont on doit la découverte à Berthollet, a été considéré par l'auteur et quelques chimistes comme un *ammoniure d'argent*, et par d'autres comme un *azoture*; c'est-à-dire que, dans le premier cas, il y avait combinaison de l'oxide avec l'ammoniaque, et que dans l'autre, pendant la préparation, l'hydrogène de l'ammoniaque s'unissait à l'oxigène de l'oxide pour former de l'eau, tandis que l'azote s'associait au métal réduit.

On ne peut douter, d'après ce que nous savons du chlorure et de l'iodure d'azote, que ce composé fulminant ne soit formé d'azote et d'argent.

Je rapporte les expériences auxquelles je l'ai soumis.

1°. On a versé sur de l'argent fulminant placé sous l'eau, après plusieurs jours de préparation, de l'acide hydrochlorique en excès; il s'est formé tout-à-coup, sans dégagement de gaz, du chlorure d'argent et de l'hydrochlorate d'ammoniaque.

2°. Sous l'acide sulfurique étendu, l'argent fulminant a laissé dégager un peu d'azote; mais la majeure partie s'est transformée en sulfate d'argent et en sulfate d'ammoniaque.

3°. L'hydrogène sulfuré l'a converti en sulfure d'argent et en hydrosulfate d'ammoniaque.

Tous ces phénomènes peuvent s'interpréter de deux manières, en considérant le composé ou comme un azoture ou comme un ammoniure; mais le dégagement d'azote assez remarquable, produit au contact de l'acide sulfurique, ne permet pas de croire que l'ammoniaque

pût être décomposée sous l'influence de cet acide; ce qui établit bien que l'argent fulminant est un composé binaire d'argent et d'azote, ainsi que M. Gay-Lussac l'a dit il y a long temps. (*Annales de Chimie*, t. XCI, p. 117.)

Les observations dont je viens de donner les détails offrent de l'intérêt dans les exemples remarquables et bien caractérisés de la décomposition et de la reproduction de l'ammoniaque; elles ajoutent en outre, aux histoires encore incomplètes de l'iodure et du chlorure d'azote, plusieurs faits nouveaux dignes d'attention, et susceptibles d'éclairer quelques points de théorie sur lesquels nous manquons de données précises. J'ai cru d'autant plus utile de faire connaître ces observations qu'il est probable qu'on ne serait revenu de long-temps sur les recherches qui les ont produites, d'après la connaissance qu'on a généralement du danger imminent qui les accompagne.

---

## RAPPORT *verbal fait à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 2 novembre, sur les appareils de M. Aldini pour préserver le corps de l'action de la flamme.*

PAR M. GAY-LUSSAC.

L'ACADÉMIE, sur la demande de M. Aldini, avait nommé une commission composée de MM. Fourier, Dulong, Chevreul et Flourens, et de moi, pour examiner un appareil propre à garantir les sapeurs-pompiers de l'action de la flamme dans les incendies, et lui en rendre compte. En conséquence, M. Aldini avait exposé à la commission, dans une conférence particulière, les principes de ses appareils, et l'avait invitée à assister à une expérience qui devait être faite dans la caserne des sapeurs-pompiers de la rue de la Paix, en présence de l'autorité administrative et d'un

certain nombre d'individus. La commission s'est rendue à l'invitation de M. Aldini; mais considérant que ce savant avait déjà donné à ses appareils une très-grande publicité, et que des jugemens en avaient été portés, elle a pensé que, conformément aux règlemens de l'Académie qui lui interdisent tout examen sur un objet publié ou déjà examiné, elle devait s'abstenir de lui présenter un rapport écrit, parce qu'il aurait appelé son jugement. Toutefois, en prenant cette détermination, la commission n'a pas voulu laisser ignorer à l'Académie l'opinion favorable qu'elle avait conçue des appareils de M. Aldini, et j'ai été chargé par mes collègues de lui communiquer verbalement le résultat des expériences faites sous ses yeux.

L'appareil préservateur de M. Aldini se compose de deux vêtemens; l'un en tissu épais d'amiante ou de laine rendue incombustible au moyen d'une dissolution saline; l'autre en toile métallique de fil de fer, recouvrant le premier.

On sait, par les belles expériences de Davy, qu'un réseau métallique, à mailles suffisamment étroites, intercepte complètement la flamme, lors même qu'elle est poussée par une forte pression, comme dans le cas d'un mélange explosif. Cet effet est produit par le refroidissement de la flamme que cause le métal, et conséquemment ne peut avoir lieu sans que ce dernier n'éprouve une élévation de température proportionnelle à la durée du contact de la flamme avec le réseau métallique.

Ce vêtement, dont la masse est peu considérable, serait donc seul inefficace pour garantir le corps de l'action de la chaleur; mais le vêtement en amiante ou en laine s'oppose, par son épaisseur et sa faible propriété conductrice, à l'arrivée de la chaleur jusqu'à la surface du corps, et complète avec le tissu métallique un abri impénétrable pendant un temps qui doit suffire aux manœuvres du sapeur-pompier. Il est même d'une indispensable nécessité et d'une importance bien plus grande que le réseau métallique; car il n'y a pas de

doute que dans la plupart des circonstances, il ne défendît seul le sapeur-pompier des atteintes de la chaleur.

C'est avec ces deux enveloppes que M. Aldini d'abord, et, à son exemple, un grand nombre de sapeurs-pompiers ont affronté les flammes les plus ardentes. Il suffira, pour faire partager l'opinion favorable de la commission sur leur efficacité, de rapporter les deux expériences principales dont elle a été témoin.

Un pompier, doublement enveloppé de tissu incombustible et de toile métallique, a présenté sa face à la flamme d'un feu de paille qu'on entretenait dans une chaudière, et il en a supporté l'action une minute et un tiers. Un autre pompier, armé comme le précédent, mais ayant de plus un carton d'amiante sur le front, a résisté deux minutes trente-sept secondes sans éprouver de sentimens douloureux. Les pulsations du pouls du premier se sont élevées, par minute, pendant l'expérience, de 80 à 120, et celles du second de 72 à 100.

Mais cette expérience n'était que le prélude d'une autre bien plus imposante; le passage des pompiers à travers les flammes sur une longueur de 10 mètres (31 pieds).

On avait formé deux haies parallèles et distantes d'environ un mètre, avec de la paille et du menu bois, soutenus par des fils de fer. Lorsque ces matières combustibles ont été enflammées, il a fallu s'en tenir à huit ou dix pas pour ne pas souffrir de la chaleur. Les flammes confondues des deux haies s'élevaient au moins à 3 mètres, et semblaient remplir tout l'espace entre les deux haies. C'est dans ce moment que six sapeurs-pompiers, armés de l'appareil de M. Aldini, et se suivant au petit pas, ont parcouru plusieurs fois de suite tout l'espace entre les deux haies enflammées, sans cesse alimentées de combustible. L'un d'eux portait un enfant de huit ans dans une hotte en osier, recouverte extérieurement de toile métallique; l'enfant n'avait qu'un masque d'étoffe incombustible. Cette expérience, que les assistans n'ont pas suivie sans un sen-

timent de frayeur, a eu le résultat le plus satisfaisant ; et nous la regarderions comme entièrement décisive, si elle eût été faite au milieu de la fumée. Aucun pompier n'a reçu de brûlures. Celui qui portait l'enfant s'est retiré au bout d'une minute, aux cris de l'enfant qui a été saisi de frayeur, par suite d'un mouvement trop brusque qu'a fait le pompier pour mieux placer la hotte sur ses épaules. Mais l'enfant n'a réellement pas souffert ; sa peau, lorsqu'il est sorti de la hotte, était fraîche, et ses pulsations ne s'étaient élevées que de 84 à 98. Les autres pompiers ont soutenu cette épreuve fatigante deux minutes vingt-deux secondes.

Les pulsations du pompier qui portait l'enfant se sont

| | | |
|---|---|---|
| élevées de…………………………… | 92 | à 116 ; |
| Celles du second……………………… | 88 | 152 ; |
| troisième……………………… | 84 | 138 ; |
| quatrième……………………… | 78 | 124. |

On n'a pas noté celles des deux autres (1).

Tous ces pompiers étaient couverts de sueur.

La circonstance qui a paru le plus frapper, et on peut dire inquiéter les assistans, a été la crainte que la respiration ne fût compromise. Comment, s'est-on demandé, peut-on respirer au milieu des flammes ?

Si, lorsqu'on dit que les pompiers ont traversé les flammes, on prenait à la lettre qu'ils en ont été constamment enveloppés pendant deux à trois minutes, leur position aurait dû paraître très-dangereuse. Nous nous sommes assurés, M. D'Arcet et moi, par un grand nombre d'expériences, que toutes les fois qu'un fourneau, suffisamment échauffé, fume ou laisse sortir de la flamme, l'air pris dans l'intérieur de ce four est entièrement privé d'oxigène. Il est donc certain que, dans la flamme, après même qu'elle aurait été éteinte par le réseau

---

(1) On ne peut tirer aucune conséquence de ces différences dans le nombre des pulsations, avant et après l'expérience. Sans aucun doute, elles sont en partie un effet de la chaleur ; mais aussi l'agitation causée par une position si nouvelle et si effrayante doit y avoir eu beaucoup de part.

métallique, la respiration ne pourrait plus avoir lieu, et que l'asphyxie serait imminente. Si les pompiers n'ont pas éprouvé de difficulté à respirer, il faut qu'un air assez pur soit parvenu jusqu'à eux, et on en peut concevoir la possibilité de plusieurs manières :

1°. Il est certain que les pompiers n'ont pas eu constamment la tête dans les flammes, que l'on sait si mobiles au gré des plus légers courans, et conséquemment qu'ils ont pu trouver des momens favorables à la respiration.

2°. En admettant que les pompiers soient restés trop long-temps dans les flammes pour trouver à respirer facilement, il faudrait alors concevoir que de l'air frais peut s'élever entre les deux tissus qui ne se touchent pas, et fournir ainsi à la respiration.

D'ailleurs il n'est pas difficile de retenir sa respiration trente, soixante secondes, et même plus; et quoique nous ne pensions pas que les pompiers aient employé ce moyen en longeant les haies enflammées, le court espace de temps qu'il faut pour parcourir 10 mètres leur en donnait la possibilité.

Mais s'il est démontré, par les expériences dont nous avons été témoins, que, dans le plus grand nombre de cas et à l'air libre, la respiration peut s'effectuer sans danger, il est bien à craindre qu'elle ne devienne très-difficile dans un espace étroit rempli de fumée, comme cela n'arrive que trop souvent dans les incendies. Ne conviendrait-il pas que le pompier pût respirer un air frais qui lui serait fourni par un réservoir portatif, ou plus simplement par un tuyau flexible rampant le long de son corps, de ses pieds à sa bouche? On sait, en effet, que dans un appartement échauffé et ouvert l'air frais entre toujours par le bas, tandis que l'air chaud s'échappe par le haut; et conséquemment le pompier aurait ainsi plus de chances de respirer facilement. Nous insistons sur ce point, parce que nous savons que rien ne gène autant la respiration qu'une fumée épaisse. Nous pensons même qu'il serait utile d'exercer les pompiers à retenir long-temps leur respiration. C'est un art à emprunter aux plongeurs.

Nous avons dit que M. Aldini employait dans ses appareils des tissus d'amiante ou de laine rendue incombustible au moyen d'une dissolution saline; examinons les avantages de chacune de ces substances.

L'amiante, de sa nature, est entièrement incombustible. On la trouve plus abondamment, particulièrement en Corse, qu'on n'avait cru; et depuis madame Lena-Perpenti de Como, qui s'est appliquée à en faire divers tissus, et même de la dentelle (Société d'encouragement, année 1813, pag. 166), on ne peut douter que ce minéral ne se prête aux diverses opérations de la filature et du tissage. M. Aldini s'est aussi occupé à rendre ces opérations plus faciles, et il a présenté à la commission une toile d'amiante de vingt décimètres de long sur seize de large, c'est-à-dire, à peu près aussi grande que celle que l'on conserve dans la bibliothèque du Vatican. Cependant ce tissu sera toujours d'un prix trop élevé pour recevoir de grandes applications, et c'est par ce motif que M. Aldini a cherché à le remplacer par un tissu de laine.

Ce tissu, même sans préparation, n'est que peu inflammable, et, par ce motif, on devrait le préférer, pour les habillemens d'hiver des enfans, aux tissus de coton dont la facile combustion cause tant de funestes accidens; mais, lorsque la laine a été imprégnée de sel ammoniac et de borax (*Annales de Chimie*, XVIII, 211), elle ne prend plus feu; elle se calcine sans propager la combustion, et ne se laisse pénétrer que lentement par la chaleur. Elle a même, sous ce dernier rapport, de l'avantage sur l'amiante; car, d'après l'observation qu'en a faite M. Flourens, un doigt revêtu de tissu d'amiante et présenté à la flamme d'une bougie, reçoit plus tôt l'impression de la chaleur que lorsqu'il est revêtu d'un tissu de laine incombustible de même épaisseur que celui d'amiante. Ainsi, sous le point de vue de l'économie, d'une préparation plus facile, d'un emploi plus commode, d'une beaucoup plus grande légèreté, et même d'une moindre conductibilité de la chaleur, la laine a de l'avantage sur l'amiante, et sa résistance au feu, quoique incomparablement moindre que celle

de ce minéral, est cependant encore assez grande pour supporter une température élevée, et la remplacer dans presque toutes les circonstances que présentent les incendies.

Les tissus d'amiante ou de laine méritent une attention particulière, parce qu'ils sont réellement la partie la plus essentielle de l'appareil de M. Aldini. Employés seuls, ils peuvent garantir le corps, dans la plupart des cas, de l'action de la flamme et de la chaleur, tandis que les tissus métalliques, en éteignant la flamme, n'interceptent pas suffisamment la chaleur. Ces derniers tissus, par leur grande raideur, ont le grave inconvénient de gêner les mouvemens des pompiers, tandis qu'il est pour eux de la plus grande importance de conserver toute leur agilité et de pouvoir se diriger avec certitude. Aussi pensons-nous, d'après ces considérations, que les vêtemens de laine, en tissu suffisamment épais et *serré*, et convenablement imprégnés de dissolutions salines, ou, mieux peut-être, des vêtemens formés par plusieurs tissus légers superposés, mais toujours très-serrés pour ne permettre aucun passage à l'air, auront seuls une efficacité suffisante, et qu'il sera au plus nécessaire, dans quelques circonstances, d'ajouter des pièces mobiles de toile métallique pour défendre les parties du corps les plus exposées à souffrir de la chaleur, en ayant l'attention de laisser entre les deux tissus une certaine distance; car un contact intime rendrait la toile métallique plus nuisible qu'utile.

Outre les vêtemens en tissus incombustibles et en toile métallique dont il vient d'être question, M. Aldini emploie avec le plus grand succès de grands boucliers en toile métallique. Ces boucliers, présentés par les pompiers à un jet de flamme, l'arrêteront merveilleusement, et leur permettront alors de voir leur chemin, de franchir des espaces envahis par la flamme, et d'exécuter leurs manœuvres. Ils sont un supplément très-utile d'un vêtement en laine incombustible, et une arme d'autant plus précieuse pour les pompiers non vêtus de tissus incombustibles, qu'ils ne causent aucun embarras, et qu'on peut les abandonner et les reprendre,

en très-peu de temps, sans aucune difficulté. Des châssis en toile métallique destinés à intercepter la flamme sortant par une porte ou toute autre ouverture, paraissent aussi devoir être d'un très-grand secours. Mais ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans le détail de toutes les applications qu'a faites M. Aldini de la toile métallique et des tissus incombustibles. Ce savant philanthrope prépare pour l'impression un ouvrage destiné à faire connaître ses appareils, dans lequel il donnera tous les renseignemens convenables.

M. Aldini ne s'est pas borné à proposer des appareils conservateurs pour les incendies; ce qui est plus difficile et certainement plus rare, il les a mis lui-même à exécution, et en a poursuivi l'adoption avec un zèle infatigable. C'est aussi par les difficultés nombreuses qu'il a éprouvées qu'il n'en a que mieux apprécié la coopération éclairée de M. le baron Plazanet, colonel des Pompiers, et le dévouement de ces derniers à se prêter aux expériences les plus difficiles.

La commission, qui a vu par elle-même les résultats de ces expériences, reste unanimement convaincue que les appareils de M. Aldini, avec de légères modifications qu'ils ne tarderont pas à recevoir, seront d'une grande utilité dans les incendies pour pénétrer dans des lieux embrasés, y porter des secours, enlever des objets précieux, et surtout pour conserver la vie à des infortunés prêts à la perdre dans les plus affreux tourmens. M. Aldini a donc bien mérité de l'humanité, et les services qu'il a rendus rentrent tout-à-fait dans ceux que la philanthropie de M. de Monthyon a voulu encourager et qu'elle a appelés à des concours solennels. Cette pensée que les travaux de M. Aldini y trouveront une noble récompense, a diminué les regrets que nous avions éprouvés de ne pouvoir les présenter au jugement de l'Académie à cause de la publicité qu'ils avaient déjà acquise.

---

### Sur *la Formation de l'éther acétique par la décomposition réciproque de l'hydrocarbure de chlore et de l'eau.*

Si l'on met dans un vase très-peu d'eau avec l'hydrocarbure de chlore, obtenu avec le chlore et le gaz oléfiant, et qu'on expose le mélange à la lumière, il se forme très-promptement de l'acide hydrochlorique qui se dégage aussitôt qu'on ouvre le vase, et le liquide restant a l'odeur de l'éther acétique. Au bout de quelque temps, toute l'eau a disparu; si on ajoute successivement de petites quantités d'eau, toujours sous l'influence de la lumière, on obtient une quantité notable d'éther acétique, dont la composition peut être prouvée d'une manière élégante par ce procédé.

En effet, d'après les expériences de M. Desprets, l'hydrocarbure de chlore est formé d'une proportion de chlore et de deux de gaz oléfiant, ou de $Cl+2C+2H$; ou, en multipliant par 4, de $4\,Cl+8\,C+8\,H$. L'éther acétique, d'après Dumas et Boullay, est formé de $4\,O+8\,C+8\,H$.

L'eau étant décomposée par l'hydrocarbure de chlore, l'hydrogène de 4 proportions formera de l'acide hydrochlorique avec les 4 proportions de chlore, et les 4 proportions d'oxigène mis en liberté se substitueront au chlore; l'hydrocarbure de chlore sera ainsi transformé en éther acétique.

Il se forme beaucoup d'éther acétique lorsqu'on oxide l'alcool; par exemple, en le distillant avec de l'acide sulfurique et l'oxide noir de manganèse, ou avec de l'acide sulfurique et du bichromate de potasse. Il serait intéressant de rechercher quelle est la décomposition qui a lieu, lorsqu'on fait passer du chlore dans une dissolution de potasse dans l'alcool, opération dans laquelle il ne se forme pas de chlorate de potasse. *Ch.* (1). (*Annalen der Physik*. XIV. 538.)

---

(1) La décomposition est la même que lorsqu'on fait passer du chlore dans l'alcool. L'acide hydrochlorique qui se forme dans cette circonstance est remplacé dans l'autre par du chlorure de potassium. R.

LETTRE *de M. Sérullas à MM. les Rédacteurs des Annales de Chimie et de Physique, sur l'éthérification.*

COMME le Mémoire de M. Hennel, dont vous avez donné la traduction dans votre Cahier de septembre dernier, contient le détail de plusieurs expériences et des vues sur l'éthérification qui ont beaucoup de rapport avec celles que j'ai exposées dans mon travail sur le même sujet, je dois rappeler, pour que les lecteurs n'aient pas à supposer que j'ai pu avoir connaissance du Mémoire de M. Hennel, que, bien que le mien n'ait été lu que le 15 octobre 1828, j'avais déjà fait connaître, le 31 mars précédent, deux mois et demi avant M. Hennel, dans une lettre à l'Académie, les principaux résultats de mes recherches ; ce qui est constaté par le procès-verbal de la séance (*Annales de Chimie et de Physique*, tome XXXVII, page 273), et par un extrait qu'en a donné le *Journal de Chimie médicale*, tome IV, page 207.

G. S. SÉRULLAS.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | MIDI. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | THERMOMÈTRE. maxim. | minim. | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 759,00 | +14,2 | 85 | 758,74 | +18,7 | 76 | 757,73 | +20,7 | 74 | 756,54 | +17,8 | 84 | +20,7 | +11,5 | Serein. | E. |
| 2 | 756,08 | +17,8 | 77 | 756,45 | +21,8 | 75 | 757,00 | +21,0 | 76 | 758,00 | +14,3 | 80 | +21,8 | +13,3 | Serein. | S. |
| 3 | 756,23 | +15,7 | 84 | 755,50 | +18,7 | 75 | 753,96 | +19,2 | 70 | 752,42 | +15,0 | 82 | +19,2 | + 9,7 | Très-nuageux. | O. S. O. |
| 4 | 756,60 | +13,0 | 84 | 757,90 | +14,5 | 65 | 758,36 | +14,5 | 64 | 758,00 | +12,3 | 77 | +14,5 | +11,0 | Petites éclaircies. | N. O. |
| 5 | 754,42 | +13,7 | 80 | 752,15 | +15,3 | 75 | 750,15 | +15,2 | 79 | 749,42 | +10,6 | 85 | +15,2 | + 9,2 | Couvert. | S. O. très-fort. |
| 6 | 750,78 | +10,0 | 84 | 750,62 | +10,0 | 83 | 749,92 | +11,8 | 76 | 750,57 | + 6,8 | 84 | +11,8 | + 6,8 | Petite pluie. | O |
| 7 | 748,05 | + 8,7 | 84 | 745,34 | +12,7 | 76 | 740,62 | + 9,7 | 85 | 731,68 | + 3,2 | 88 | +12,7 | + 3,2 | Quelques pet. éclairc. | S. O. assez fort. |
| 8 | 749,30 | + 6,0 | 84 | 751,33 | + 7,3 | 73 | 753,02 | + 8,5 | 65 | 756,03 | + 6,0 | 80 | + 8,5 | + 3,8 | Couvert. | N. O. ext. fort |
| 9 | 761,10 | + 7,2 | 77 | 762,40 | + 9,5 | 66 | 762,60 | + 9,5 | 61 | 765,87 | + 4,0 | 78 | + 9,5 | + 2,7 | A demi-couvert. | N. O. fort. |
| 10 | 769,70 | + 5,8 | 80 | 770,03 | +10,3 | 70 | 769,72 | +11,8 | 60 | 770,06 | + 5,8 | 80 | +11,8 | + 1,8 | Nuageux. | N. O. |
| 11 | 768,07 | +10,5 | 84 | 767,34 | +13,8 | 79 | 766,00 | +13,7 | 80 | 765,20 | +11,3 | 85 | +13,7 | + 7,5 | Couvert. | O. S. O. |
| 12 | 763,37 | +11,8 | 87 | 763,00 | +13,8 | 83 | 762,54 | +13,8 | 85 | 762,80 | +12,5 | 88 | +13,8 | +10,8 | Couvert | O |
| 13 | 761,65 | +11,5 | 88 | 761,50 | +12,1 | 78 | 759,83 | +11,7 | 76 | 756,08 | +10,6 | 82 | +12,1 | +10,6 | Couvert. | O. |
| 14 | 749,10 | +12,5 | 84 | 747,07 | +13,5 | 80 | 745,52 | +12,5 | 86 | 749,33 | + 8,3 | 89 | +13,8 | + 7,8 | Couvert. | S. O. très-fort. |
| 15 | 760,67 | + 7,2 | 82 | 762,00 | +10,0 | 71 | 762,34 | + 9,3 | 62 | 762,96 | + 5,0 | 75 | +10,0 | + 3,0 | Quelques éclaircies. | N. assez fort |
| 16 | 764,02 | + 5,8 | 86 | 763,25 | +10,3 | 70 | 761,54 | +10,1 | 63 | 759,50 | + 8,8 | 78 | +10,9 | + 2,5 | Couvert. | S. O. |
| 17 | 759,20 | +13,2 | 89 | 759,72 | +16,2 | 77 | 760,20 | +15,7 | 72 | 762,77 | +13,0 | 85 | +16,2 | +11,2 | Quelq. pet. éclairc. | O. N. O. |
| 18 | 763,04 | +12,6 | 84 | 762,80 | +15,1 | 70 | 762,40 | +16,3 | 70 | 762,50 | +13,8 | 82 | +16,3 | +12,3 | Nuageux. | O |
| 19 | 761,95 | +15,2 | 81 | 761,27 | +18,2 | 70 | 760,30 | +17,0 | 72 | 759,36 | +12,5 | 87 | +18,2 | +10,2 | Eclaircies. | S. |
| 20 | 756,48 | +11,8 | 86 | 755,32 | +15,3 | 77 | 754,40 | +16,8 | 75 | 754,30 | +11,8 | 85 | +16,8 | + 8,0 | Beau. | S. |
| 21 | 757,86 | +13,2 | 85 | 757,00 | +15,0 | 70 | 755,35 | +16,7 | 70 | 753,87 | +13,8 | 89 | +16,8 | +10,4 | Nuageux. | S. S. O. assez f. |
| 22 | 753,20 | +10,0 | 84 | 753,24 | +13,8 | 65 | 752,65 | +13,8 | 58 | 753,00 | + 6,9 | 84 | +14,5 | + 5,3 | Très-nuageux. | S. O. |
| 23 | 754,77 | + 6,0 | 88 | 754,63 | + 8,0 | 87 | 754,06 | + 9,5 | 80 | 752,82 | + 8,7 | 89 | + 9,5 | + 3,0 | Brouillard, couvert. | N. O. |
| 24 | 751,80 | + 9,8 | 89 | 752,43 | +12,0 | 85 | 752,80 | +11,8 | 83 | 755,48 | + 6,8 | 89 | +12,0 | + 6,8 | Quelq. petit. éclairc. | N. E. |
| 25 | 760,80 | + 4,5 | 88 | 761,20 | +10,5 | 81 | 761,20 | +12,6 | 70 | 762,20 | +10,9 | 82 | +12,6 | + 2,7 | Vaporeux. | S. S. E. |
| 26 | 762,67 | + 7,5 | 85 | 761,94 | +10,3 | 75 | 761,45 | +12,0 | 70 | 763,25 | + 7,5 | 80 | +12,0 | + 6,6 | Nuageux. | N. fort. |
| 27 | 764,68 | + 5,7 | 88 | 764,80 | + 6,0 | 89 | 764,24 | + 6,5 | 85 | 764,25 | + 6,8 | 87 | + 6,7 | + 5,7 | Couvert, brouillard. | N. |
| 28 | 761,76 | + 7,0 | 89 | 761,00 | + 9,9 | 88 | 760,58 | +11,0 | 88 | 763,30 | + 6,8 | 88 | +11,0 | + 4,8 | Pluie fine. | O. N. O. |
| 29 | 764,70 | + 4,9 | 88 | 764,02 | + 8,0 | 70 | 763,26 | + 8,5 | 64 | 763,40 | + 6,7 | 84 | + 8,8 | + 2,1 | Nuageux. | N. N. O. |
| 30 | 762,53 | + 3,9 | 88 | 761,63 | + 8,6 | 71 | 760,48 | + 9,3 | 70 | 758,82 | + 8,5 | 85 | + 9,3 | + 1,3 | Quelques nuages. | S. O. |
| 31 | 753,42 | +10,5 | 88 | 753,00 | +11,7 | 89 | 754,04 | + 9,0 | 87 | 757,45 | + 5,0 | 85 | +11,8 | + 3,2 | Pluie. | O. |
| 1 | 756,19 | +11,2 | 82 | 756,05 | +18,9 | 74 | 755,31 | +14,2 | 72 | 755,16 | + 9,6 | 82 | +14,6 | + 7,3 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie en cent. |
| 2 | 760,76 | +11,2 | 85 | 760,33 | +13,8 | 75 | 759,51 | +13,7 | 74 | 759,55 | +10,8 | 84 | +14,2 | + 8,4 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 3,670 |
| 3 | 758,93 | + 7,5 | 87 | 758,63 | +10,3 | 79 | 758,19 | +11,1 | 75 | 758,89 | + 8,0 | 85 | +11,4 | + 4,7 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 3,210 |
| | 758,63 | + 9,9 | 85 | 758,34 | +12,6 | 76 | 757,69 | +12,9 | 74 | 757,90 | + 9,4 | 84 | +13,3 | + 6,7 | Moyennes du mois, + 10,0. | |

[redacted]



# MÉMOIRE

## *Sur les Sulfures, Iodures, Bromures, etc., métalliques.*

PAR M. BECQUEREL.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 26 octobre 1829.)

L'OBSERVATEUR qui cherche à se rendre compte de quelle manière ont pu s'opérer la production et la cristallisation de la plupart des substances que renferment les filons et quelques-unes des formations dont se compose la couche superficielle de notre globe, reconnaît aisément que l'une et l'autre ont dû s'effectuer au moment où les masses se trouvaient dans un état pâteux, favorable à l'accroissement des cristaux, puisque les molécules ne pouvaient arriver que lentement vers les premiers rudimens de cristaux formés.

L'inspection seule des nombreuses géodes de quarz et de chaux carbonatée fermées de toutes parts, et renfermant dans leur intérieur des cristaux de diverses substances, dont les formes ont subi une dépression semblable à celle qui aurait eu lieu si elles avaient été comprimées par le poids des masses environnantes, porte à croire que des infiltrations lentes de composés différens, à travers des masses dans un état pâteux, ont pu produire des réactions particulières et des groupemens réguliers de molécules, que l'on n'obtient pas toujours par les opérations ordinaires de la chimie, dans lesquelles on ne dispose pas du temps, comme dans la nature. Telle est l'idée qu'on peut se faire du mode de production de quelques-unes des substances que l'on trouve dans le sein de la terre. J'ai pensé que des recherches

propres à appuyer cette théorie de faits positifs devaient fournir des documens utiles à la géologie. En général, dans tous les phénomènes, les causes n'excitent pas moins d'intérêt que les effets qui en découlent. Les causes premières nous seront à jamais inconnues ; mais les causes secondaires, celles qui naissent de forces physiques, dont nous pouvons calculer les actions, rentrent dans le domaine de la philosophie et sont livrées par conséquent à nos investigations.

Dans l'un de mes précédens Mémoires, j'ai montré l'usage que l'on peut faire de l'emploi des forces électriques à petite tension pour obtenir cristallisés des oxides métalliques et diverses espèces de combinaisons chimiques. Je vais prouver maintenant, par des faits incontestables, que les mêmes forces servent à produire d'autres composés analogues à ceux que l'on trouve dans la terre, et, en raison de la simplicité et de la généralité du principe employé, je rendrai probable la conjecture que la nature a employé un moyen semblable pour former les mêmes substances.

La première question à résoudre est celle-ci : les substances minérales qui existent dans les filons ont-elles été dissoutes primitivement dans un liquide qui, en disparaissant lentement, a permis aux molécules de s'arranger suivant les lois de la cristallisation, ou bien proviennent-elles de la décomposition lente de certaines combinaisons peu solubles, dans lesquelles elles entraient comme parties constituantes? Les résultats consignés dans ce Mémoire contribueront, je crois, à jeter quelque jour sur cette question. Avant de les exposer, il est nécessaire d'indiquer les moyens de les obtenir ; il suffit pour cela de faire quelques modifications aux appareils que j'ai déjà fait connaître.

Soient $ab$, $a'b'$ deux petits tubes ouverts, chacun par leurs deux bouts, et remplis dans la partie inférieure, jusqu'en $c$ et $c'$, d'argile très-fine, légèrement humectée d'un liquide conducteur de l'électricité; dans la partie supérieure, on verse jusqu'en $d$ et $d'$ les liquides dont la réaction l'un sur l'autre et sur la lame $mlm'$, formée d'un seul métal, ou de deux métaux, suivant le cas, donne naissance aux effets électriques qui produisent le composé que l'on cherche. Les deux tubes sont placés dans un autre $PQ$, contenant un liquide $ss'$, qui est destiné à établir la communication électrique dans l'appareil.

L'argile sert ici à retarder autant que possible le mélange des liquides renfermés dans les deux petits tubes, et comme chacun de ces liquides se mêle préalablement avec celui du grand tube, il est facile de constater, par l'expérience, que ces différens mélanges ne s'opèrent pas dans le temps qui est nécessaire pour que la formation des composés puisse avoir lieu; c'est là le point essentiel. L'appareil, ainsi disposé, suffit dans un grand nombre de cas, comme on va le voir.

*Des sulfures métalliques cristallisés.*

On trouve dans la terre treize sulfures métalliques, dans un état parfait de cristallisation, tandis que l'art ne peut les obtenir qu'amorphes, soit en décomposant les sulfates par le charbon à une haute température; soit par l'action du soufre sur les métaux à l'aide de la chaleur, soit par celle des hydro-sulfates alcalins sur les dissolutions métalliques, modes de formation trop prompts pour que les molécules aient le temps de se grouper suivant

les lois de la cristallisation. D'après cela, pour obtenir ces composés cristallisés, il faut suivre une autre marche.

Les sulfures naturels sont, les sulfures de zinc, de fer, de manganèse, d'étain, d'arsenic, de molybdène, d'antimoine, de bismuth, de cuivre, de plomb, d'argent et de cobalt. Les sulfures n'ont aucune espèce d'action, à froid sur le gaz oxigène bien sec; mais ceux dont les métaux sont très-oxidables en ont une sur le gaz humide, ils l'absorbent très-lentement et se changent en sulfates ou en sulfites. De plus, lorsqu'un métal est capable de décomposer l'eau à la température ordinaire, son sulfure la décompose également à cette même température.

Les métaux attaqués par l'acide nitrique, lorsqu'ils sont isolés, le sont presque tous lorsqu'ils sont unis au soufre. Il en résulte un oxide métallique, de l'oxide d'azote ou du gaz azote, et de l'acide sulfurique qui se combine en tout ou en partie avec l'oxide métallique. Telles sont les principales propriétés des sulfures qui vont servir avec l'action des forces électro-chimiques à obtenir cristallisés ces composés.

*Sulfure d'argent.*

Je ne m'occuperai ici que des sulfures dont les métaux ne décomposent pas l'eau, et je commencerai par celui d'argent; voici le procédé que j'ai suivi : On verse dans le tube *a* une dissolution saturée de nitrate d'argent, et dans le tube *a'* une dissolution d'hydro-sulfate de potasse, en partie décomposée par le contact de l'air, afin d'avoir une action moins forte; puis l'on plonge dans chacune d'elles l'un des bouts d'un fil ou d'une lame d'argent pur. Voici ce qui se passe : peu à peu le nitrate d'argent est décomposé en raison d'actions électriques

connues ; le bout du fil qui plonge dans la dissolution du nitrate d'argent étant le pôle négatif, se recouvre d'argent à l'état métallique, tandis que, de l'autre côté, il se forme de l'eau et du sulfure d'argent qui se combine avec une certaine quantité de sulfure de potassium. Ce double sulfure, qui cristallise en beaux prismes, se décompose peu à peu par l'action de l'acide nitrique, qui n'arrive qu'en dernier lieu, attendu que, dans les décompositions chimiques opérées par des forces électriques à petite tension, l'oxigène se porte d'abord seul au pôle positif et l'acide ne vient qu'ensuite ; propriété qui influe singulièrement sur les phénomènes électro-chimiques. Il se forme du sulfate de potasse, et le sulfure d'argent reste intact tant que la petite quantité d'acide nitrique qui arrive ne suffit que pour réagir sur lui. Pendant cette action, une partie du liquide s'évapore, et il ne reste plus au fond du tube, au-dessus de l'argile, qu'une matière pâteuse, au milieu de laquelle le sulfure d'argent cristallise en jolis petits cristaux octaèdres, non-seulement sur la lame d'argent, mais encore sur les parois du tube.

Ces cristaux ont le même aspect que ceux de la même substance que l'on trouve dans les mines d'argent ; comme eux, ils s'étendent légèrement sous le marteau ; leur couleur est gris de plomb, et leur surface extérieure est terne. La ressemblance est telle que les cristaux artificiels ne peuvent être en rien distingués des cristaux naturels. L'action de l'air doit concourir aussi à la décomposition du double sulfure, en fournissant de l'oxigène au soufre et au potassium.

La cristallisation du sulfure d'argent est due à ce que, la décomposition du double sulfure s'opérant très-lente-

ment, les molécules ont alors le temps d'effectuer le mouvement d'oscillation nécessaire pour que les faces similaires puissent réagir les unes sur les autres en vertu des lois de la cristallisation.

On n'obtient rien de semblable, quand le sulfure de potassium est pur et concentré, attendu que les actions sont trop vives. J'indiquerai, dans un autre travail, la composition du sulfure que l'on doit employer.

*Sulfure de cuivre.*

Si le principe à l'aide duquel on parvient à former le sulfure d'argent est général, on doit l'appliquer aux autres sulfures métalliques. Effectivement, si l'on remplace la dissolution de nitrate d'argent dans le tube *a*, par celle de nitrate de cuivre, et la lame d'argent par une lame de cuivre, il ne tarde pas à se former dans le tube *a'* un double sulfure de cuivre et de potassium qui cristallise en aiguilles soyeuses très-fines. Peu à peu ce double sulfure se décompose, et l'on finit par obtenir sur la lame de cuivre des cristaux à faces triangulaires qui ont un à deux millimètres de longueur.

Ces cristaux sont d'un gris métallique, et quelques-uns nuancés de bleuâtre; leur poussière est noirâtre. Ils se dissolvent dans l'ammoniaque, qu'ils colorent en bleu, et il est facile de reconnaître qu'ils ne sont composés que de soufre et de cuivre. Ces caractères sont les mêmes que ceux qui conviennent au sulfure de cuivre naturel. L'analyse fera connaître les quantités relatives de métal et de soufre qui entrent dans ce composé.

*De l'Oxi-sulfure d'antimoine ou kermès.*

On trouve dans la nature un antimoine hydro-sulfuré

d'un rouge sombre, qui se présente en masses granuleuses ou sous la forme aciculaire. Pour préparer le kermès par la méthode électro-chimique exposée précédemment, on se sert des mêmes liquides que dans l'expérience précédente; l'on établit la communication entre les deux tubes au moyen d'un arc composé de deux lames cuivre et antimoine. Le bout cuivre, qui plonge dans le nitrate, étant le pôle négatif, attire le cuivre à l'état métallique, tandis que le bout antimoine, ainsi que les parois du tube se recouvrent d'un précipité brun-rouge. Quelque temps après il se forme sur l'antimoine des petits cristaux octaèdres rouges et des lames cristallisées de même nature que le précipité. Ces cristaux sont solubles dans l'hydro-sulfate neutre de potasse, et laissent dégager de l'hydrogène sulfuré par l'action de l'acide hydro-chlorique, dans lequel ils se dissolvent. Les alcalis les rendent jaunes. Tous ces caractères conviennent au kermès proprement dit. C'est la première fois qu'on a obtenu cette substance dans un état cristallin. Comme la théorie de sa formation est la même que celle du sulfure d'argent, je n'en parle pas. L'analyse fera connaître au juste sa composition.

*Des Sulfures d'etain, de plomb et de mercure.*

En suivant la même marche que précédemment, on peut obtenir le sulfure d'étain en très-petits cristaux cubiques d'un blanc brillant métallique; jusqu'à présent cette substance ne s'est présentée dans la nature que dans un état amorphe.

Les expériences relatives à la production des sulfures de plomb et de mercure n'étant pas encore terminées, je ne puis dire quel en sera le résultat; mais il est pro-

bable qu'il sera conforme à la théorie que j'ai exposée, si l'on prend les précautions convenables, pour ne pas opérer trop rapidement la décomposition des doubles sulfures.

*Des Sulfures de fer et de zinc.*

Ces sulfures, qui sont facilement décomposables par le contact simultané de l'eau et de l'air, doivent être plus difficiles à former que les précédens; aussi ne peut-on espérer de réussir qu'en fermant hermétiquement le bout du tube qui contient l'hydro-sulfate alcalin; encore ce moyen ne suffit-il pas toujours. Je suis parvenu cependant deux fois à obtenir, sur la lame de fer qui se trouvait dans l'hydro-sulfate de potasse, une multitude de petits cristaux cubiques de fer sulfuré, d'une couleur jaune, semblables à ceux des pyrites que l'on trouve dans la nature. Quant au sulfure de zinc, je ne l'ai pas encore obtenu; mais tout porte à croire qu'en modifiant convenablement les appareils, on pourra le former.

D'après l'exposé que je viens de présenter, il est permis de croire que la nature a pu suivre une marche semblable pour produire les sulfures que nous trouvons dans les filons.

Le sulfate d'argent, par exemple, s'y rencontre combiné, tantôt avec le sulfure d'antimoine, tantôt avec celui d'arsenic ou de plomb, c'est-à-dire, avec les sulfures des métaux électro-positifs qui ne décomposent pas l'eau. Ces combinaisons n'ont dû éprouver par conséquent aucune action de la part de l'air, et sont restées dans l'état où elles étaient à l'époque de leur formation; mais il n'en a pas été de même des doubles sulfures d'argent et de potassium ou de sodium, qui se sont formés sans doute à l'époque de la consolidation des grandes

masses; les alcalis ne faisant pas alors partie des végétaux qui n'existaient pas durent entrer dans un grand nombre de composés où se trouvait également le soufre, comme eux, répandu très-abondamment dans la nature. Une décomposition lente a dû commencer, et il en sera résulté de l'argent sulfuré cristallisé.

Les mêmes réflexions s'appliquent aux autres sulfures métalliques, même à ceux de zinc et de fer qui auront pu être formés hors du contact de l'air et sous l'influence de forces analogues à celles que l'on développe dans les appareils électro-chimiques.

Le facies des sulfures métalliques formés par le procédé que j'ai décrit, est tellement semblable à celui des sulfures naturels, tant sous le rapport des formes, du groupement des cristaux, de la couleur et de l'aspect général, que tout porte à croire que les forces dont j'ai fait usage sont au nombre de celles dont la nature s'est servie pour les produire.

On doit conclure des faits précédens que, pour obtenir cristallisée une substance insoluble, il suffit de la faire entrer en combinaison avec une autre qui soit soluble, et d'opérer ensuite une décomposition très-lente, analogue à celle qui se produit dans les appareils électro-chimiques. Je citerai, à l'appui de cette opinion, l'expérience suivante. De l'argile très-divisée et humectée d'une solution d'arséniate de potasse a été mise dans un tube de verre, puis on a versé dessus une solution de nitrate de cuivre; la réaction des deux solutions a eu lieu dans les premiers instans seulement à la surface du contact de l'argile et de la solution de nitrate; mais peu à peu celle-ci a pénétré dans la masse de l'argile; la réac-

tion a eu lieu alors très-lentement, circonstance favorable à la cristallisation, et l'on a aperçu dans quelques parties vides de l'argile des cristaux semblables à ceux d'arséniate de cuivre. Il est probable que les substances cristallisées qui tapissent les géodes ont eu une origine semblable.

La formation des doubles sulfures et des sulfures simples étant soumise à certaines lois, il ne faut pas donner aux tubes des dimensions quelconques, et employer des liquides dont la conductibilité électrique serait trop considérable; s'il se formait, par exemple, une trop grande quantité de double sulfure pour être décomposée complètement par l'acide qui vient du tube où se trouve le nitrate de cuivre ou le nitrate d'argent, l'opération serait incomplète. D'un autre côté, si le liquide du grand tube et celui de l'argile étaient trop bons conducteurs, l'oxigène et l'acide seraient peut-être transportés en même temps au pôle positif, et l'on n'aurait pas alors les réactions nécessaires pour la production des composés que l'on veut former. Ainsi, suivant que les circonstances auront été plus ou moins favorables, on aura une cristallisation parfaite, une cristallisation confuse, ou absence de cristallisation et même de production de double sulfure. Je répète encore que, si l'acide arrivait en trop grande quantité dans le tube où se trouve la double combinaison, il réagirait sur chacun des composans, et l'on n'aurait pas le résultat attendu. L'hydro-sulfate alcalin dont j'ai fait usage était en partie décomposé ; car, s'il eût été pur, sa réaction propre sur chaque métal l'eût emporté sur celle que devaient faire naître les forces électriques, et l'on aurait obtenu les résultats que donne la chimie ordinaire.

*Des Iodures métalliques.*

On sait que les iodures sont soumis à la même loi de composition que les sulfures : on doit donc se procurer les iodures insolubles par le même procédé que celui qui a servi pour les sulfures ; ce n'est là qu'une généralisation du principe.

On substitue, dans l'appareil électro-chimique, l'hydriodate de potasse ou de soude à l'hydro-sulfate alcalin. Avec le plomb, on obtient d'abord un double iodure de plomb et de potassium, qui cristallise en aiguilles blanches soyeuses très-fines ; peu à peu cette combinaison se décompose en commençant par la partie inférieure contiguë à l'argile, puis l'on aperçoit un grand nombre de cristaux dérivant de l'octaèdre régulier, d'un jaune d'or et d'un aspect brillant. Cette substance, qui est insoluble, est de l'iodure de plomb ; c'est la première fois qu'on l'obtient cristallisée.

Le cuivre, soumis au même mode d'action, donne d'abord un double iodure en aiguilles blanches cristallisées ; puis l'on obtient, après la décomposition, de jolis cristaux octaèdres d'iodure de cuivre.

Il est probable que les autres métaux, avec des précautions convenables, conduiraient à des résultats semblables. Les bromures, les séléniures peuvent sans doute être obtenus par le même procédé ; je me borne à indiquer ces faits parce qu'ils découlent d'un principe général, dont l'application ne peut manquer d'intéresser la philosophie naturelle.

Dans un prochain Mémoire, je donnerai de plus grands détails sur le mode de formation des corps que je viens de faire connaître.

---

## Essai *analytique des lichens de l'orseille.*

Par M. Robiquet.

Ayant eu occasion de rechercher dans les différens auteurs quelles étaient les connaissances acquises sur l'orseille, j'ai été étonné du peu de données exactes qu'on possède à cet égard. A peine connaît-on les véritables espèces de lichens qui constituent cette matière tinctoriale; sa fabrication est encore soumise à un empirisme obscur, et nous sommes dans l'ignorance la plus complète sur la nature de sa matière colorante. Au moment où je regrettais que ce sujet intéressant n'eût encore attiré l'attention d'aucun chimiste, je reçus d'un de mes confrères, M. Codere, pharmacien à Prades, une caisse contenant plusieurs livres du lichen que des fabricans d'orseille de Lyon font récolter, chaque année, sur les rochers des Pyrénées, par des ouvriers qu'ils envoient exprès du Cantal. M. Codere considère ce lichen comme étant celui qui fournit la plus belle orseille, dite *de terre*, et il m'engageait si vivement à en faire l'examen que j'aurais bien désiré pouvoir m'y livrer; mais ma santé et mes occupations obligées s'y seraient impérieusement opposées, si M. Chedehoux, jeune lauréat de notre Ecole de pharmacie, ne m'eût proposé de me seconder de tous ses moyens. Je demanderai la permission de lui en témoigner ici ma gratitude.

Avant d'entrer en matière, je rappellerai qu'on trouve dans le commerce plusieurs espèces d'orseille, et notamment celle dite *des îles*, et celle connue sous le nom *d'orseille de terre*. La première, qui est la plus estimée

[redacted]



et la plus chère, nous vient des Canaries et du cap Vert; on en reçoit aussi des Açores, de Madère, de la Corse et de la Sardaigne. Berthollet rapporte cette espèce au *lichen roccella*, dont les botanistes distinguent plusieurs variétés. La seconde se récolte sur nos montagnes des Pyrénées, des Alpes, de l'Auvergne, et de la Lozère. Elle est généralement attribuée au *lichen parellus*, et c'est sous la dénomination de *parelle* qu'elle est connue de tous ceux qui s'occupent de sa récolte et de sa fabrication. Cependant M. Cocq, à qui nous devons d'utiles renseignemens sur cet objet (1), affirme, sur l'autorité du célèbre Ramond, dont les sciences déplorent encore la perte récente, que non-seulement l'espèce qui forme la base de l'orseille qu'on récolte en Auvergne n'est pas le *lichen parellus*, mais qu'elle s'en éloigne beaucoup, puisque c'est une variolaire désignée par les botanistes sous le nom de *variolaria orcina*, dont on distingue plusieurs variétés qui sont connues en Auvergne sous les dénominations de *varenne*, de *pucelle* et de *parelle maîtresse*, suivant qu'elle est plus lisse, et à glomérules moins proéminens, comme celle qui croît sur les granits; ou bien que, peu développée encore sur les laves, on la recueille pour la première fois; ou enfin, alors qu'elle a subi tout son accroissement, et qu'on ne la récolte qu'après cinq ou six ans de végétation. A ces variétés d'une même espèce s'ajoutent encore, suivant M. Cocq, différentes espèces, telles que la *variolaria aspergilla*, le *lichen corallinus* et autres; en sorte que cette orseille se trouve composée d'un assez grand nom-

(1) *Annales de Chimie*, tome LXXXI.

bre de ces cryptogames dont on ignore les qualités tinctoriales individuelles, et sans qu'on puisse savoir par conséquent quels sont les plus favorables ou les plus nuisibles. On assure même que les ouvriers chargés de cette récolte les mélangent à dessein pour augmenter leur bénéfice, et ils le peuvent impunément, puisque ceux qui les paient ne savent pas précisément quelles sont les espèces auxquelles ils doivent accorder la préférence. C'est dans l'espérance de jeter quelque jour sur cette branche importante de notre industrie que je me suis décidé à entreprendre le travail dont je vais avoir l'honneur de rendre compte.

On vient de voir que l'orseille d'Auvergne est principalement composée de variolaires, et je dois dire ici que le lichen qui m'a été envoyé par M. Codère, et qu'il regarde comme le plus avantageux pour la fabrication de l'orseille, est encore une variolaire, c'est la *variolaria dealbata* de Dec. fl. fr., *lichen dealbatus acharius*, ainsi que cela a été positivement constaté par mon collègue M. le professeur Clarion. Il est même à remarquer qu'il n'y a pas trouvé un seul fragment de *patellaria*. Il est vrai que M. Codère avait fait faire cette récolte avec un soin extrême, et qu'il avait pris toutes les mesures nécessaires pour que ce lichen ne fût point mélangé, comme l'est celui qu'on expédie aux fabricans d'orseille. Ce sera donc au *variolaria dealbata* qu'on devra rapporter tous les résultats que je vais indiquer.

Après quelques essais de tâtonnement dont il est inutile de faire mention, voici de quelle manière je procédai à l'isolement des divers principes dont j'avais reconnu l'existence dans ce lichen. Il fut d'abord soumis

à plusieurs décoctions successives dans de l'alcool concentré, et à chaque fois ce liquide fut filtré bouillant, afin de pouvoir recueillir une substance blanche, cristalline et comme floconneuse, qui se précipite par le refroidissement, et qui naturellement est plus abondante dans les premières décoctions que dans les suivantes. Lorsque le lichen fut épuisé par ce menstrue, on fit passer sur un même filtre tout l'alcool employé, et là se trouvèrent réunis, pour premier produit, les flocons blancs dont nous avons fait mention. Il est nécessaire de les laver en les arrosant avec un peu d'alcool froid. On fait ensuite évaporer dans un alambic la moitié environ de l'alcool total des teintures, et on recueille, après refroidissement, une nouvelle portion des mêmes flocons blancs, mais qu'on ne doit pas réunir aux précédens, parce qu'ils ont besoin d'être purifiés. On procède semblablement à une seconde distillation, et, après avoir ainsi séparé et tout l'alcool et toute la matière blanche, on obtient, pour produit de l'évaporation complète, un extrait alcoolique qui a une odeur très-prononcée de thériaque récente.

On reprend cet extrait par l'eau froide, et on le lave jusqu'à épuisement complet. La meilleure manière de procéder à ce traitement, c'est de broyer l'extrait dans un mortier ordinaire, et de renouveler l'eau jusqu'à ce qu'elle en sorte sans saveur. Les premiers lavages sont colorés en jaune-brun, et ils ont une saveur sucrée. Evaporés à une douce chaleur, ils fournissent pour produit un liquide brun de consistance sirupeuse, d'une saveur très-sucrée, mais avec un arrière-goût d'amertume assez prononcée. Ce liquide cristallise avec le temps,

en longues aiguilles radiaires et sans consistance qu'il est très-difficile de séparer des eaux mères. Je n'y suis parvenu qu'en les soumettant à une forte pression, et j'ai obtenu ainsi une espèce de moscouade qui, purifiée par le charbon animal, a fourni une masse cristalline, formée de longs prismes d'un blanc-jaunâtre et opaque, d'une saveur toujours sucrée et plus franche.

L'extrait alcoolique, ainsi débarrassé de toute matière soluble dans l'eau, a été ensuite desséché au bain-marie, puis repris par de l'éther qui s'est fortement coloré en vert-jaunâtre. On a fait successivement plusieurs lavages à froid avec ce nouveau menstrue; et toutes les teintures éthérées ayant été réunies dans une même cornue en verre, on a procédé à la distillation à l'aide d'une douce chaleur, et l'opération n'a été arrêtée qu'après avoir retiré les $\frac{5}{6}$ environ de l'éther. Le résidu a offert, après refroidissement, une masse cristalline enveloppée d'un liquide visqueux, très-coloré en vert-brun, d'une saveur âcre et d'une odeur particulière très-prononcée. On a débarrassé les cristaux en les lavant avec une petite quantité d'alcool froid; puis, à l'aide de la chaleur, on les a redissous complètement dans ce même véhicule, et après plusieurs cristallisations et purifications successives on a séparé ce résidu de la teinture éthérée en deux produits différens. L'un cristallise en longues aiguilles blanches et rigides; il est très-soluble dans l'alcool et dans l'éther; l'autre est une espèce de résine verte qui les enveloppe primitivement, et qui possède une saveur très-âcre.

Lorsqu'on a successivement épuisé l'extrait alcoolique par l'eau et par l'éther, il ne reste plus qu'une masse

brune pâteuse et comme granulée, dont nous indiquerons plus tard les propriétés.

Revenant ensuite au lichen, qui, traité par l'alcool seul, avait déjà fourni au moins cinq produits différens et bien distincts, on l'a fait bouillir à diverses reprises dans de l'eau distillée, après s'être assuré toutefois qu'il ne contenait aucune trace de fécule. Toutes ces décoctions ont été rapprochées à un point convenable, et sans qu'il se soit manifesté aucune apparence de gelée. Essayées par les réactifs pour reconnaître si elles contenaient quelques sels en quantité notable, on a reconnu que l'oxalate d'ammoniaque était à peu près le seul qui eût produit un effet marqué; ce liquide contient donc un sel calcaire, mais en petite quantité. Ce produit a fourni par l'évaporation un extrait gommeux de saveur fade, qui ne possédait, pour ainsi dire, que des propriétés négatives, et n'offrait par conséquent aucune espèce d'intérêt. Ainsi nous ne pensons pas devoir insister davantage, et nous regardons comme suffisant d'en avoir signalé l'existence.

Pour terminer l'extraction des principes du lichen, on a divisé en deux portions celui qui avait été successivement traité par l'alcool et par l'eau pure; la première a été mise en macération dans de l'eau aiguisée d'acide nitrique, et on a brûlé la deuxième dans un vase de platine rougi au feu. La quantité de cendres qui est résultée de cette incinération a été prodigieuse. Comme elles ne pouvaient d'ailleurs contenir aucun sel soluble dans l'eau, on les a immédiatement traitées par de l'acide nitrique faible qui en a dissous une partie.

D'autre part et après un temps suffisant de séjour, on

a filtré la macération acide, puis on l'a saturée par de l'ammoniaque pour en séparer les sels calcaires, et on a obtenu en effet un précipité abondant qui, soumis à la calcination, s'est converti en chaux caustique. Ainsi, suivant toute apparence, ce sel calcaire n'était autre que de l'oxalate de chaux.

Il est aisé de voir, par cet exposé rapide, que tout l'intérêt doit se reporter sur les produits extraits par l'alcool, puisque là seulement peut se retrouver la matière colorante, objet essentiel de nos recherches. Il faut donc reprendre tour-à-tour chacun de ces produits, qui n'ont d'abord présenté aucun caractère assez saillant pour fixer l'attention sous ce point de vue, et procéder, pour ainsi dire, par voie d'élimination, afin d'atteindre le but désiré.

Je commencerai cette espèce de révision par les derniers obtenus, et j'étudierai d'abord le produit qui, après avoir fait primitivement partie de l'extrait alcoolique, a résisté ensuite à l'action de l'eau et à celle de l'éther. Ce produit est d'un brun-rougeâtre très-légèrement acide, entièrement soluble dans l'alcool. Exposé à l'action de la chaleur, il se boursouffle considérablement et fournit un résidu charbonneux très-abondant. Les vapeurs qui s'en exhalent ont une odeur analogue à celle des fumées de tabac. On remarque un liquide jaunâtre, qui finit par se figer dans le col du vase distillatoire. Brûlée avec l'oxide de cuivre, cette matière fournit un peu d'azote. Les acides et les alcalis même concentrés n'y paraissent pas produire d'altération sensible.

Passant au produit suivant, l'un des deux de la solu-

ı éthérée, je n'ai pu y reconnaître que cette matière
inoïde verte qui se rencontre dans presque tous les
étaux, et à laquelle on a donné le nom de *chloro-*
*rlle*; en effet, elle a, comme elle, la propriété de se
soudre dans l'alcool et dans l'éther. Comme elle,
e a une saveur âcre; cependant elle en diffère sous
utres rapports; ainsi, par exemple, elle se liquéfie
:c la plus grande facilité quand on la soumet à l'action
la chaleur; mais il est à remarquer que ce prétendu
ncipe immédiat diffère d'un végétal à l'autre, autant,
ur ainsi dire, que les végétaux eux-mêmes, et qu'on
l'a peut-être pas obtenu deux fois parfaitement
ıntique. Au reste, ce n'est pas le seul qui soit dans
cas; il en est de même pour les gommes, les ré-
ıes, etc.

Vient maintenant le principe qui accompagne ce
rnier produit dans l'éther; celui-ci ne me semble
int avoir d'analogue. Il cristallise, comme nous l'avons
., en belles aiguilles blanches. Il est très-soluble et
ns l'éther et dans l'alcool; il se fond à une chaleur
s-douce, et prend alors la transparence des résines
uéfiées; mais par le refroidissement il redevient
aque, et n'offre plus qu'une masse cristalline lamel-
re. Si on le chauffe un peu plus fortement, il entre
omptement en ébullition, et fournit, sans décompo-
ion apparente, une espèce d'huile essentielle inco-
:e et très-odorante; puis on voit se condenser, dans
col de la cornue, une matière cristalline blanche qui
nble être de même nature que la substance primitive,
à peine reste-t-il quelques traces charbonneuses dans
fond du vase, si on l'a choisi de forme convenable;

car, lorsque la cornue a une panse trop profonde, les dernières vapeurs, qui se condensent facilement à la partie supérieure, retombent sans cesse; et ce corps, à force de subir l'action de la chaleur, finit par se décomposer; inconvénient qu'il est facile d'éviter en prenant une très-petite cornue, et en ayant soin de la chauffer en même temps dessus et dessous.

Ce produit, qui par ses singulières propriétés semblait mériter une attention particulière, n'a cependant manifesté, dans son contact avec les divers agens, rien qui annonçât la présence d'une matière colorante. Ainsi, n'étant par lui-même ni acide ni alcalin, il demeure incolore dans les acides, aussi-bien que dans les alcalis, et son séjour dans l'air n'y détermine aucun changement; ce n'est donc ni une matière colorante, ni un corps susceptible de le devenir.

Nous n'avons plus que deux produits à examiner; l'un, est cette espèce de sucre que nous avons séparé par le lavage aqueux de l'extrait alcoolique; l'autre, est la matière blanche cristalline qui se précipite pendant le refroidissement de l'alcool qui a bouilli sur le lichen; mais celle-ci ne possède non plus aucune des propriétés qui caractérisent habituellement les matières colorantes. Ainsi, quand elle est entièrement débarrassée de toute substance étrangère, elle est parfaitement blanche, insipide, inaltérable à l'air, insoluble dans l'eau, parfaitement neutre. Elle s'unit assez bien avec les alcalis, surtout à l'aide de la chaleur; mais elle ne contracte avec eux qu'une légère teinte verdâtre; elle acquiert, dans l'acide sulfurique concentré, une couleur bistrée, et elle ne s'y noircit pas complètement.

Traitée par la chaleur, elle se charbonne sans se liquéfier; et, quand on y procède avec ménagement, on voit d'abord s'élever quelques paillettes blanches micacées, qui se subliment à la partie supérieure du vase; puis ces paillettes sont bientôt entraînées par une huile empyreumatique brune qui ne tarde point à se produire. Pendant tout le temps de cette opération il se répand une odeur de matière grasse en décomposition; cependant le défaut de fusibilité de cette matière, son peu d'aptitude à se combiner avec les alcalis, et sa difficile solubilité dans l'éther, la font différer beaucoup des matières grasses connues, et elle semblerait se rapprocher davantage de ce que M. Bonastre a nommé *sous-résine*. Au reste, que ce soit une substance grasse ou une sous-résine, il importe peu; la seule chose essentielle à démontrer pour le moment, c'est que ce n'est point une matière colorante, et nous pensons en avoir assez dit pour entraîner la conviction à cet égard.

La matière sucrée devient donc maintenant notre unique ressource, et c'est elle qui mérite désormais toute notre attention.

Le mode de cristallisation, et surtout la saveur sucrée bien prononcée, quoiqu'un peu nauséeuse, de cette substance, me l'avait d'abord fait considérer comme une espèce de sucre de raisin ou de mannite; mais, en l'étudiant d'un peu plus près, je reconnus bientôt mon erreur, et en effet l'action seule de la chaleur suffit pour désabuser sur ce point. Les matières sucrées ordinaires se liquéfient, se boursoufflent, se caramélisent et se charbonnent; ici, rien de tout cela n'a lieu; la liquéfaction s'opère à une très-douce chaleur, le liquide reste

parfaitement transparent ; mais, si on soutient l'action de la chaleur, il entre en ébullition, se débarrasse d'abord d'un peu d'humidité s'il en contient ; puis on voit s'élever des vapeurs lourdes qui s'arrêtent dans le col du vase distillatoire, et s'y condensent en un solide presque incolore et transparent, qui, au bout de quelques heures, commence à cristalliser vers l'orifice du col, et finit, avec le temps, par n'offrir qu'une masse cristalline, ou opaque, ou translucide, et dont toute la surface semble comme vernie. Cette portion, qui a été ainsi volatilisée, ne paraît avoir subi aucune altération ; car elle possède encore tous ses caractères primitifs.

En poursuivant ce parallèle, on observe des différences tout aussi tranchées ; ainsi, par exemple, cette substance est complètement précipitée de la solution aqueuse par le sous-acétate de plomb, tandis que le contraire arrive pour les matières sucrées ordinaires. L'acide nitrique concentré la colore d'abord en rouge de sang, comme cela a lieu avec plusieurs matières organiques ; mais, par suite de la réaction, cette couleur disparaît ; et, bien qu'il se dégage beaucoup de gaz nitreux, on n'obtient point par évaporation de cristaux d'acide oxalique.

Il eût sans doute été bon, pour compléter la comparaison, d'essayer de faire fermenter cette substance sucrée ; mais la petite quantité que j'avais à ma disposition ne m'a pas permis de tenter cette expérience : au reste, on jugera probablement qu'elle n'était pas rigoureusement nécessaire, et que les différences déjà indiquées sont plus que suffisantes pour établir une opinion certaine à ce sujet.

Admettant donc que cette matière sucrée n'a point d'analogue, elle devient, par cela même, plus digne d'intérêt; et nous devons l'étudier avec d'autant plus de soin que nous voyons les probabilités s'accumuler davantage en sa faveur.

Déjà nous avons fait remarquer que cette substance, exposée à l'action de la chaleur, se volatilise sans décomposition, et on sait que le petit nombre de matières colorantes organiques qu'on a pu jusqu'alors obtenir à l'état de pureté, jouissent presque toutes de cette propriété. On sait aussi qu'aucune d'elles ne présente des caractères d'acidité ou d'alcalinité; celle-ci, comme nous l'avons vu, est également neutre; ainsi, voilà déjà un certain nombre de points de similitude bien établis; mais le plus essentiel ne s'y manifeste pas encore; c'est celui d'acquérir de la couleur par une modification quelconque, et de pouvoir se combiner à la fibre textile. Loin de là, cette substance paraît inaltérable au contact de l'air, et même à celui de l'oxigène pur; aucune coloration, aucune absorption n'est produite. Parmi les divers agens dont on lui a fait subir l'influence, les alcalis sont les seuls qui ont pu tendre vers le but cherché. Cette observation offrait de grandes espérances, puisque, comme tout le monde le sait, c'est, à l'aide de l'urine putréfiée ou de l'ammoniaque, qu'on parvient, dans les fabriques d'orseille, à développer avec le temps la matière colorante des lichens qui la composent. Cependant, lorsqu'on verse quelques gouttes d'alcali, et surtout d'ammoniaque, dans une solution aqueuse de cette matière sucrée, on voit peu à peu une teinte fauve se manifester dans la liqueur, et avec le temps

la couleur acquiert de plus en plus d'intensité. Après deux ou trois jours d'exposition à l'air, elle devient d'un rouge-brun foncé, mais qui n'a rien d'analogue avec cette vive et riche couleur pensée que fournit l'orseille, et ce résultat est constant, quelle que soit la proportion de l'alcali, quelle que soit aussi la durée de l'exposition à l'air. J'ai donc dû supposer, ou que cette matière colorante était différente de celle que je cherchais, ou que les résultats observés n'étaient dus qu'à un reste de matière colorante, déjà altérée ou modifiée. Cette dernière idée m'a forcé d'avoir recours à tous les moyens de purification que je croyais les plus capables de déterminer une élimination complète de la matière colorante. Ainsi j'ai long-temps agité une solution concentrée de la substance sucrée avec de la litharge porphyrisée. Puis j'ai filtré et évaporé la solution, après y avoir fait passer de l'hydrogène sulfuré, et j'ai obtenu, pour résultat de cette purification, des prismes quadrangulaires aplatis, dont deux pans opposés sont plus larges que les deux autres, et qui sont terminés par un biseau. Ces cristaux, que je devais considérer comme plus purs que la matière primitive, étant soumis aux mêmes épreuves, ont fourni des résultats identiquement semblables à ceux dont nous venons de faire mention. Ainsi j'ai demeuré convaincu que la matière sucrée était réellement colorante par elle-même ; mais, comme je ne pouvais reproduire avec elle cette belle couleur cramoisie que je cherchais, j'ai craint que celle-ci n'eût été absorbée par le charbon animal qui m'avait servi dans le principe à purifier la matière sucrée et à faciliter sa cristallisation. En conséquence, je repris ce

charbon ; et, après l'avoir bien lavé avec de l'eau pure et froide, je le traitai à chaud par une eau légèrement alcalisée ; mais je n'obtins ainsi qu'une couleur rouge-brun terne, assez semblable à celle que je produisais directementa vec la matière sucrée et l'ammoniaque. Forcé donc de revenir à cette dernière substance, et bien convaincu que le concours de l'air et de l'ammoniaque était indispensable pour y développer la couleur cherchée, je me livrai à de nouveaux essais, et j'obtins, après un grand nombre de tentatives infructueuses, un plein succès, en soumettant d'abord la matière sucrée sèche à la vapeur de l'ammoniaque liquide, puis en laissant dissiper l'excès d'ammoniaque par une simple exposition à l'air libre. Au lieu donc d'ajouter de l'alcali volatil dans une solution aqueuse de la matière sucrée, je verse un peu d'ammoniaque liquide dans un verre à pied, puis je place au-dessus de ce verre une petite capsule contenant de la matière sucrée, et je recouvre le tout avec une cloche. Cette substance se brunit d'abord, puis la couleur se fonce de plus en plus. Le lendemain, elle est d'un rouge-brun assez intense ; on la retire alors de dessous la cloche ; et, si on en fait dissoudre immédiatement dans l'eau, on n'obtient encore que le rouge-brun ; mais si on laisse quelque temps cette matière alcalisée, exposée au contact de l'air, elle devient d'un violet foncé ; et, lorsqu'on la fait dissoudre dans l'eau, elle y développe la plus belle couleur rouge-violet qu'on puisse voir, surtout si on y ajoute quelques gouttes d'alcali.

Je n'ai point encore assez étudié cette matière colorante pour connaître les différentes modifications qu'elle

est susceptible d'éprouver par l'influence de tel ou tel agent ; il m'a paru cependant que, quand la réaction de l'ammoniaque est trop subite et trop énergique, la couleur passe au rouge-brun ; que le rouge-groseille dépend d'un degré moindre, et le rouge-violet, d'un degré plus faible encore. J'ai cru remarquer en outre que, dans ce premier cas, la saveur sucrée est entièrement détruite, et que, dans le dernier, il en reste encore un peu, c'est-à-dire qu'une portion de la matière sucrée est intacte. Il est très-certain d'ailleurs que l'air joue un grand rôle dans toutes ces modifications. Ainsi, par exemple, je me suis positivement assuré, à diverses reprises, que sans le concours de l'air, la matière sucrée, non plus que le lichen lui-même, ne prenait aucune coloration dans l'ammoniaque. Il est en outre une très-ancienne observation faite par l'abbé Nollet, et qui est rapportée par Berthollet, c'est que la teinture d'orseille se décolore dans le vide.

J'ai vu aussi que l'hydrogène sulfuré produisait le même effet ; mais j'ai remarqué que ce phénomène singulier n'était point la conséquence d'une action désoxigénante exercée par l'hydrogène sulfuré, et que c'était une simple combinaison de cet acide avec le principe colorant, puisqu'il suffisait, pour rétablir la couleur primitive, d'ajouter assez d'alcali pour déterminer la saturation. Déjà M. Chevreul avait fait la même observation sur la matière colorante du bois de Fernambouc, de campêche, et de celle du tournesol (1), qui proba-

(1) *Annales de Chimie*, tome LXVI, page 240.

blement est la même que celle qui fait l'objet de ce Mémoire, puisqu'elle provient également d'un lichen.

Pendant que je me livrais à ces recherches, et à une époque où j'ignorais encore quelle était la matière colorante, j'essayai de la séparer directement d'une teinture ammoniacale faite avec cette même variolaire, afin de pouvoir comparer ce produit à chacun de ceux que j'avais obtenus. Le premier moyen qui se présenta naturellement fut de saturer cette teinture alcaline par un acide faible, et en effet il se produit ainsi un précipité assez considérable, et la liqueur est très-sensiblement mais incomplètement décolorée. Ce précipité, réuni sur un filtre et bien lavé, se dissout de nouveau dans les alcalis, et y développe une riche teinture. Mais, exposée à l'action de la chaleur, cette matière colorante se charbonne promptement et répand une odeur désagréable. Comme aucun des autres produits ne possédait ces propriétés, je demeurai persuadé que je n'avais point encore obtenu le véritable principe colorant; mais, lorsque j'eus reconnu que c'était la substance sucrée qui en était la base, je renouvelai cet essai sur cette même substance, alors qu'elle a été convertie en matière colorante, et je vis en effet que, ainsi modifiée, elle était en grande partie précipitée de sa solution aqueuse par l'addition de quelques gouttes d'acide acétique, et que ce précipité ne possédait plus aucune saveur sucrée.

On reconnaîtra sans peine que ce travail ne doit être considéré que comme une première ébauche encore très-imparfaite; mais on jugera sans doute que, malgré tout ce qui reste à faire, j'ai déjà réuni cependant un assez grand nombre de données susceptibles de présenter dans

leur ensemble quelque intérêt ; et, si je ne m'abuse, cette singulière matière colorante mériterait à elle seule de fixer l'attention. Je ne lui connais point d'analogue ; il est bien à présumer que sa saveur sucrée aura fait commettre plus d'une méprise ; car on a déjà signalé plusieurs fois la présence d'une matière sucrée dans les lichens, et il est assez probable que quelques-uns d'entre eux contiennent une matière colorante semblable à celle-ci. De nouveaux essais sont donc nécessaires pour nous éclairer à cet égard ; mais, en attendant, nous devons, pour constater son existence dans les lichens de l'orseille, lui consacrer une dénomination qui en rappelle l'origine. Je proposerai donc de la nommer *orcine* ; il eût été peut-être plus naturel de l'appeler *variolarine*, puisque je l'ai extraite d'une variolaire ; mais, outre que cette dénomination est trop longue, elle n'aurait pas, comme l'autre, l'avantage de rappeler aussi nettement l'objet principal et le plus connu qui est l'orseille. D'ailleurs, la *variolaria dealbata* de Dec. n'est autre que le *lichen orcina*, et rien ne nous empêche de mettre à profit cette synonymie.

Un autre produit qui me semble mériter aussi d'être distingué par un nom particulier, c'est cette matière blanche cristalline qu'on retire de l'extrait alcoolique au moyen de l'éther. Elle a quelques propriétés qui ne permettent pas de la confondre avec aucune autre substance connue. Ainsi, par exemple, outre la grande solubilité dans l'alcool et dans l'éther dont elle jouit, elle offre un caractère bien remarquable pour une matière sèche et cristalline, c'est celle de fournir, par la distillation, une espèce d'huile essentielle et de se volati-

liser entièrement. Cette substance étant d'ailleurs parfaitement neutre, je proposerai de la nommer *variolarin*. Ici la longueur du mot devient à peu près indifférente, puisqu'il s'agit d'une substance qui sera nécessairement moins utile et moins recherchée que la précédente.

Resterait à voir maintenant si ces premiers résultats, tout incomplets qu'ils sont, pourraient déjà présenter quelques applications utiles à la fabrication de l'orseille; c'est ce que nous allons examiner dans les paragraphes suivans.

Nous avons dit précédemment que la fabrication de l'orseille était livrée à l'empirisme, du moins à en juger par ce qui a été publié. En effet, le procédé le plus généralement suivi est encore celui qui a été décrit par M. Cocq. Il est cependant vrai de dire que depuis quelques années plusieurs fabricans paraissent avoir mis à profit les utiles conseils que cet habile observateur a donnés dans son intéressant Mémoire, et notamment celui de substituer l'ammoniaque à l'urine. Il est bien probable que M. J[n] M[ie] Bourget de Lyon, et que M. Huilard de Paris, doivent principalement à cette substitution l'amélioration notable que présentent les produits de leurs fabrications.

Il est bien évident, par ce que nous avons dit de la nature et des propriétés de l'orcine, qu'il s'agit pour développer cette matière colorante des lichens, non-seulement de la débarrasser de ces espèces de matières grasses ou résinoïdes qui forment comme un vernis à la surface du végétal en s'opposant à sa perméabilité, mais encore de la soumettre à l'influence successive de l'alcali et de l'air. Or, que fait-on, dans l'ancienne méthode,

pour arriver à ce but ? On mélange d'abord, nous dit M. Cocq, les lichens avec de l'urine, on brasse le mélange de trois heures en trois heures, et pendant l'intervalle on a le soin de clore exactement les auges. Après trois jours de réaction, on ajoute, avec les précautions qu'exigent de pareilles matières, de la chaux, de l'oxide d'arsenic et de l'alun, puis on recommence à brasser; mais à des intervalles plus rapprochés, et si la température régnante détermine une prompte et vive réaction, on doit brasser tous les quarts d'heure environ, afin de briser une espèce de croûte qui se forme à la surface, enveloppe toute la masse, et qui, en s'épaississant, finirait par faire obstacle au progrès de l'opération.

Il paraît probable, d'après tout ce que nous savons maintenant, que, parmi ces ingrédiens, il y en a qui sont nuisibles, et d'autres d'une utilité très-secondaire. Il est évident que la chaux, par exemple, ne sert là qu'à développer l'ammoniaque; et comme on en met nécessairement un grand excès, cet excès ne peut manquer de devenir préjudiciable. D'un autre côté, l'alun se trouve décomposé par l'alcali de l'urine qui met à nu de l'alumine; il en résulte que ces deux substances terreuses viennent non-seulement augmenter sans nécessité le poids de l'orseille, mais qu'elles absorbent, en outre, une quantité notable de matière colorante qui se trouve employée en pure perte. Tous ces inconvéniens disparaissent par la substitution de l'ammoniaque à l'urine; substitution qui dispense peut-être de l'emploi de la chaux, et probablement aussi de celui de l'alun et de l'arsenic. Ces deux derniers ne nous paraissent destinés, en effet, qu'à obvier aux inconvé-

miens que fait naître l'urine elle-même. Cette liqueur excrémentitielle contient, comme on sait, des substances azotées putrescibles, et qui finiraient par entraîner dans leur décomposition toute la matière organique végétale, si on n'y apportait obstacle; et c'est là, selon nous, le véritable rôle que joue l'oxide d'arsenic et une partie de l'alun; encore est-il que ces substances ne préservent pas toujours suffisamment de la putréfaction; car on est souvent obligé, pour la prévenir ou l'arrêter, d'ajouter à l'orseille préparée un peu d'oxide rouge de mercure, qui jouit, comme on sait, de cette propriété antiputride à un degré encore plus marqué.

Mais l'ammoniaque peut-elle à elle seule remplacer tous ces ingrédiens? Je ne suis point en position de l'affirmer; mais j'en suis à peu près convaincu, et voici sur quoi je me fonde. J'ai fait macérer une certaine quantité de variolaire dans de l'ammoniaque étendue, et j'ai obtenu, après plusieurs jours de contact, une très-belle teinture cramoisie; mais, il faut l'avouer, je n'ai pas également bien réussi en exposant du lichen humecté à la vapeur de l'alcali volatil; je n'ai obtenu, par ce moyen, comme cela arrive avec la matière sucrée elle-même, qu'un rouge-brun, et il m'a été impossible de faire changer cet état de choses par une dessiccation ménagée. Néanmoins je suis persuadé que mon peu de succès dépend uniquement d'une mauvaise manière de faire, et je suis d'autant plus porté à le croire, que je sais positivement que ceux qui préparent l'orseille par l'ammoniaque n'obtiennent pas toujours le même succès dans leurs opérations. Je sais aussi qu'ils attribuent ces anomalies à la qualité de l'ammoniaque; mais il est bien plus probable qu'elles

dépendent de quelques circonstances dont l'influence n'a point été suffisamment appréciée par eux. Pour offrir un exemple de ces anomalies, je dirai que dans le même temps où du lichen, mis en macération avec de l'eau alcalisée, me fournissait une riche teinture cramoisie, je n'obtenais, dans une semblable expérience faite avec les mêmes matériaux, qu'une liqueur d'un rouge brun foncé, sans que je puisse reconnaître à quelle cause attribuer cette différence. J'ai remarqué seulement que le vase qui contenait cette dernière macération était mieux bouché que l'autre, et que la proportion du liquide qui recouvrait le lichen était plus considérable. Il est d'ailleurs très-certain, comme je l'ai déjà observé, que l'air joue un grand rôle dans cette opération, et que, sans son intervention, l'orcine ne peut acquérir de couleur. Ainsi, d'une part, on est obligé d'agir en vases clos, car sans cela l'ammoniaque se dissiperait dans l'air et ne réagirait pas sur le lichen; et de l'autre, il est indispensable de donner de temps à autre accès à l'air pour qu'il puisse réagir à son tour sur la matière colorante une fois qu'elle a été modifiée par l'alcali, et il y a probablement dans ces influences successives une juste mesure à observer qui fait le point de difficulté, et le tour de main du fabricant.

Ce qui autorise à croire que ce qu'on nomme actuellement *orseille de terre épurée* ou *orseille violette*, qu'on livre à l'état sec et pulvérulent, et dont les produits en teinture équivalent, dit-on, à ceux fournis par l'orseille des Canaries, n'est préparée qu'à l'aide de l'ammoniaque seule, c'est qu'elle ne contient aucun sel déliquescent, comme cela a lieu nécessairement lorsqu'on emploie de

l'urine et de la chaux, et qu'elle ne paraît contenir aucune substance putrescible, puisqu'elle se conserve sans altération et sans odeur désagréable.

Je pense donc, en résumé, que pour extraire convenablement la matière colorante des lichens de l'orseille, c'est-à-dire, pour l'exhumer en quelque sorte des matières grasses ou résinoïdes dont elle se trouve enveloppée, il faut le concours simultané de l'eau, de l'air et de l'ammoniaque. Ce dernier agent ne sert pas seulement à colorer l'orcine, mais il a en outre pour fonction de saponifier, pour ainsi dire, l'espèce d'enduit qui revêt le lichen et le rend imperméable. Dans cette opération, il ne se manifeste, à mon avis, aucune espèce de fermentation comme on le prétendait, et tout se borne à une réaction des divers agens que nous avons indiqués; réaction qui est naturellement plus prononcée et plus prompte lorsque la température atmosphérique est plus élevée.

---

## Sur *des cavités des cristaux de muriate de soude dans lesquelles il existe des fluides.*

Par M. William Nicol, professeur de physique.

En Angleterre, le sel en roche qu'on extrait des mines, est en général un peu rougeâtre et plus ou moins opaque; on y trouve cependant, de temps en temps, des cristaux qui non-seulement sont blancs comme de la neige, mais encore parfaitement transparens. En examinant un échantillon de cette dernière

espèce, qui, depuis peu, m'a été envoyé du Cheshire, j'y ai aperçu çà et là un grand nombre de très-petites cavités d'une forme irrégulière, les unes remplies d'un fluide, les autres contenant une bulle d'air. On fait naître constamment une bulle dans les cavités qui n'en renferment pas, en soumettant le cristal à un degré de chaleur modéré; mais jamais la bulle ne se montre qu'après que la chaleur a commencé à diminuer.

Quand on chauffe un échantillon contenant une bulle d'air, ce globule diminue à mesure que la température s'accroît, et il disparaît en général, même avant que la chaleur devienne assez forte pour être douloureuse au toucher. Pendant le refroidissement, la bulle reparaît et augmente de volume jusqu'au moment où le cristal a repris la température atmosphérique.

En appliquant des fils métalliques chauffés vers le côté d'une cavité opposée à celui que la bulle d'air occupait, cette bulle ne montra jamais aucune tendance à se déplacer. Quand on faisait naître une fissure qui s'étendait de la surface du cristal jusqu'à la cavité, la bulle s'élargissait un tant soit peu, mais jamais elle n'avait assez de force pour pousser quelque portion du fluide à travers la fissure jusqu'à la surface; ainsi l'élasticité des globules d'air contenus dans les cavités des cristaux de sel, est bien inférieure à celle des globules qui se trouvent dans les cavités du spath-fluor et du sulfate de baryte.

Si l'on fait dans le cristal un trou qui aille droit à la cavité, le fluide y reste, mais sans montrer aucune tendance à se cristalliser, même par ces états de l'atmosphère qui déterminent une rapide cristallisation du

muriate de soude. Quand on le chauffe, cependant, il prend la forme de cristaux aciculaires extrêmement déliés ; mais ils tombent bientôt en déliquescence, même quand l'air est le plus sec.

Il résulte évidemment de ces circonstances que le fluide n'est pas une solution de sel commun ; mais, quoique l'emploi de quelques réactifs suffise pour indiquer les principes qui le composent, je ne pourrai pas, à cause de la petitesse des cavités sur lesquelles j'ai dû opérer, déterminer leurs proportions relatives.

Quand on mêle le liquide avec une solution de nitrate d'argent, il se forme un abondant précipité qui indique la présence de l'acide muriatique. Le muriate de baryte ne produisant point de précipité, il est évident que le fluide ne contient pas d'acide sulfurique. L'oxalate d'ammoniaque donne un léger précipité qui montre la présence d'une petite quantité de chaux ; et comme un précipité dense est fourni par le carbonate de potasse, on voit clairement que la magnésie est la substance qui se trouve combinée avec l'acide muriatique. Ainsi le fluide contenu dans les cavités du sel en roche doit être regardé comme une solution saturée de muriate de magnésie, mêlée à une petite quantité de muriate de chaux ; et comme le sel lui-même, quand il est exempt de cavités, ne présente aucun indice ni de ces substances, ni de quelque autre matière étrangère, il faut le considérer comme du chlorure de sodium pur.

(*The Edinb. new philos. Journal.*)

---

## ANALYSE *de l'Allophane de Firmi (Aveyron).*

PAR M. JULES GUILLEMIN,
Ingénieur de la Compagnie des houillères et fonderies de l'Aveyron.

ON vient de trouver dans les nouvelles galeries de la houillère de Firmi une matière qui a tous les caractères de l'*allophane*.

Cette substance est de couleur blanche, et quelquefois jaunâtre; elle se présente sous forme de concrétions mamelonnées ou en plaques; sa cassure est inégale avec éclat résineux. Lorsqu'on la sort de la mine ou qu'on l'a plongée dans l'eau, elle est légèrement translucide; conservée dans les collections, elle devient opaque; un seul échantillon recueilli ayant une transparence parfaite, l'a conservée constamment. Cette matière s'écrase facilement sous une légère pression; elle est rayée par la chaux carbonatée; elle raie la chaux sulfatée. Elle est sans saveur, et happe seulement un peu à la langue. Sa densité est de 1.76 à 19° R.

Par l'exposition à la chaleur d'une lampe, dans un petit matras, cette substance donne beaucoup d'eau incolore, insipide et inodore. Au chalumeau, elle est complètement infusible. Les acides sulfurique, nitrique, hydrochlorique la dissolvent avec une grande facilité; on obtient immédiatement une gelée, si l'acide n'est pas très-étendu d'eau.

Tous ces caractères sont bien ceux de l'allophane. La composition chimique est aussi la même, à en juger par les résultats suivans d'une première analyse, comparés

à ceux que M. Stromeyer a obtenus de l'allophane de Schneeberg :

| | De Firmi. | De Schneeberg. |
|---|---|---|
| Silice..................... | 22.00 | 21.92 |
| Alumine.................. | 35.00 | 32.20 |
| Eau...................... | 42.00 | 41.30 |
| Acide sulfurique.......... | 0.75 | 0.52 |
| Chaux.................... | traces. | 0.73 |
| Oxide de fer, carb. de cuivre. | 0.00 | 3.33 |
| | 99.75 | 100.00. |

Ces nombres s'accordent mal avec la théorie des proportions définies, et c'est sans doute pour cette raison que l'allophane n'est pas encore rangée parmi les minéraux bien connus. Cela m'a engagé à refaire avec soin une analyse de cette substance.

J'y ai infructueusement recherché l'acide phosphorique, le fluor et le chlore. Je n'y ai pas non plus trouvé de magnésie ni d'oxide de fer.

10 grammes de cette matière en poudre très-fine, desséchés à la température de l'eau bouillante, ont perdu $1^{g},30$, et, par une plus longue exposition à la même température, la perte en poids n'a pas changé; mais, par la chaleur rouge, ces 10 grammes ont encore perdu $2^{g},90$; et la perte totale a été de $4^{g},20$, comme dans l'essai précédent.

La quantité d'eau combinée serait, d'après cela, de 35.74 pour 100.

2 grammes ont été dissous dans l'acide hydrochlorique suffisamment étendu; la dissolution a été complète; on a séparé la silice par l'évaporation à siccité

très-ménagée ; on a ensuite précipité l'alumine par l'ammoniaque, la chaux par un oxalate alcalin, et l'acide sulfurique par le nitrate de baryte, après avoir rendu la dissolution très-acide. La silice a été reprise par de l'acide sulfurique aidé de la chaleur, pour en séparer l'alumine qu'elle pouvait avoir entraînée, et l'alumine a été dissoute pour recueillir la silice qu'elle pouvait contenir.

Voici les nombres obtenus :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Silice.......... | 23.76 | contenant oxigène | 11.95 | 6 |
| Alumine......... | 39.68 | | 18.53 | 9 |
| Eau............ | 35.74 | | 31.78 | 16? |
| Acide sulfurique. | 0.65 | | 0.38 | |
| Chaux......... | traces. | | | |
| | 99.83. | | | |

Ces résultats conduisent à la formule suivante :

2 atomes d'alumine bihydratée, 1 atome d'alumine bisilicatée et 4 atomes d'eau, en négligeant l'acide sulfurique, qui est sans doute combiné avec un peu d'alumine et de chaux. On devra ranger l'allophane auprès de l'halloysite, minéral qu'a fait connaître M. Berthier, et qui est aussi composé de bisilicate d'alumine et de bihydrate d'eau, mais dans d'autres proportions.

L'allophane de la houillère de Firmi est assez abondante ; il serait facile d'en recueillir plusieurs quintaux, et il n'est pas rare d'en trouver des morceaux d'un volume égal à celui du poing. La houille de Firmi, jusqu'ici compacte et solide, n'avait présenté dans ses

fissures qu'un léger enduit de chaux carbonatée et de sulfate de chaux. C'est depuis qu'on s'est approché du lit d'un ravin qui passe à 8 mètres seulement au-dessus des galeries, qu'on a rencontré l'allophane. Elle remplit ou tapisse les fentes du combustible, qui en cet endroit est crevassé et laisse filtrer les eaux de la surface. Suivant toute apparence, elle y a été déposée par les eaux du ravin, qui sont presque constamment acides et chargées de sulfates d'alumine, de chaux et de fer. Il n'est plus surprenant de trouver cette substance dans le terrain houiller, puisqu'il est presque certain qu'elle y a été déposée après la formation de ce terrain. Ce gisement est analogue à ceux dans lesquels on a déjà trouvé l'allophane; elle paraît être due partout à un dépôt dans des eaux salines.

---

## SUR *quelques combinaisons doubles entre les hydrochlorates à base d'alcali végétal et des chlorures métalliques.*

Par M. CAILLOT, pharmacien.

IL y a quelques années, lorsque je m'occupais des cyano-hydrargyrates d'iodures alcalins, je vis, sans y attacher beaucoup d'importance, que les hydriodates d'alcalis organiques forment aussi avec le cyanure de mercure des composés où l'on retrouve la présence de l'iode et celle du cyanogène.

J'avais depuis négligé de suivre ces sortes de composés, quand, tout récemment, en étudiant les cyano-

hydrargyrates de bromures alcalins, l'idée me vint de rechercher comment se comporteraient les sels à bases organiques, tant avec le cyanure de mercure qu'avec les sels de plomb, de mercure, d'or et de platine en général.

Je croyais retrouver entre les sels organiques et les sels alcalins cette même analogie d'action qui caractérise souvent le genre auquel ils appartiennent. Les faits ne sont pas venus justifier mes conjectures. Des expériences particulières m'ont prouvé que les méconates, les acétates, les hydrochlorates, les hydriodates, enfin que la plupart des sels organiques agissent différemment sur les sels métalliques que les sels d'espèce alcaline appartenant au même genre.

Les faits s'étant donc plus multipliés que je ne pensais, et mes occupations journalières ne m'ayant pas permis de les examiner en particulier, je ne ferai mention, dans ce Mémoire, que des sels doubles obtenus de la combinaison des hydrochlorates formés par les alcalis végétaux avec le bi-chlorure de mercure; des hydriodates avec le bi-iodure, le bi-chlorure et le cyanure du même métal.

Si donc, dans une solution d'un hydrochlorate quelconque, on verse une solution étendue de bi-chlorure de mercure, il se formera à l'instant un précipité blanc cailleboté que l'agitation rend très-abondant.

Ce précipité est légèrement soluble dans l'eau et l'alcool. Il est incristallisable, inaltérable à l'air. Sa saveur rappelle celle du bi-chlorure de mercure et de l'hydrochlorate employé.

Soumis à une température un peu au-dessus de celle de l'eau bouillante, il se fond en une masse jaune si

l'hydrochlorate a pour base un des alcalis du quinquina. Exposé à une chaleur un peu plus élevée, il se décompose en donnant, entre autres produits, des sels ammoniacaux et un charbon très-volumineux.

Un seul de ces sels doubles a été l'objet d'un examen analytique : c'est celui que j'ai obtenu de la précipitation de l'hydrochlorate de cinchonine par le bi-chlorure de mercure.

500 parties de ce sel, privé autant que possible de son eau d'hydration, ont fourni, par l'hydrogène sulfuré, 170 de sulfure; ce qui représente 146,56 de mercure, ou 197,85 de bi-chlorure; or

500 : 197,85 :: 100 : 39,57.

D'après ces résultats, ce sel contiendrait donc, pour 100, 39,57 de bi-chlorure de mercure.

Dans le cours de mes expériences préliminaires tendant à prouver que les hydrochlorates organiques s'unissent à différens chlorures métalliques, j'avais remarqué que la morphine, la brucine et les autres alcalis organiques se combinent avec le bi-chlorure de mercure pour former des sels triples, et que cette propriété s'étend et à la narcotine et à la cantharidine.

De tels résultats me portèrent à penser que ces deux dernières substances pourraient peut-être, sous l'influence du bi-chlorure de mercure, s'emparer de l'acide hydrochlorique et le saturer.

L'expérience suivante est venue confirmer mon opinion, du moins pour la narcotine :

Dans une solution hydrochlorique acide de narcotine, j'ai versé goutte à goutte une solution étendue de bi-chlorure mercuriel, qui y a occasioné un précipité blanc,

pulvérulent ; et la liqueur, d'acide qu'elle était avant son mélange, est devenue absolument neutre après la précipitation ; d'où je conclus que la narcotine peut, dans certaines circonstances, prendre une tenue alcaline, se polariser vers quelques acides et les saturer.

Le peu de cantharidine que j'avais à ma disposition ne m'a pas permis de constater si, outre sa propriété de former des sels triples, cette substance pourrait, comme la narcotine, se combiner avec l'acide hydrochlorique sous l'influence du bi-chlorure de mercure.

Un fait qui tendrait à me le faire croire, c'est que, si l'on touche une solution hydrochlorique acide de cantharidine avec un tube humecté d'une solution de bi-chlorure de mercure, il se forme une tache blanche, comme si l'on agissait sur un hydrochlorate neutre d'une tout autre base organique.

Dans son travail digne de remarque sur les iodures, M. Colin fait observer que les iodures alcalins dissolvent en quantité l'iodure rouge de mercure ; et M. Boullay fils, dans un Mémoire qu'il lut à l'Institut en 1827, démontre, par des analyses judicieusement conduites, que ces corps se combinent en différentes proportions, selon qu'on opère sous l'influence de causes différentes ; mais, subordonnées à ces causes qui ne sont que passagères, les combinaisons qu'il obtient n'ont, pour la plupart, qu'une existence éphémère. En effet, qu'on laisse refroidir, par exemple, un iodo-hydrargyrate d'iodure de potassium à 3 atomes d'acide, combinaison qui ne peut exister que sous l'influence de l'eau et du calorique, bientôt il y aura désunion ; une partie de l'iodure de

mercure abandonnera le liquide, et reparaîtra sous sa couleur rouge primitive.

Loin de suivre ainsi les iodures alcalins dans leurs capacités différentes pour les iodures métalliques, les hydriodates organiques, au contraire, tendent à s'en écarter en ne se combinant avec ces mêmes iodures qu'en une quantité qui est toujours la même, quelles que soient les causes extérieures; ce qui dénote en ces corps une grande affinité réciproque, et elle est telle, du moins avec l'iodure de mercure, que partout où il se rencontre un alcali organique uni, soit à l'acide acétique, soit à l'acide hydriodique, constamment l'iodo-hydrargyrate d'iodure de potassium y détermine la précipitation d'un sel double qui a pour acide l'iodure mercuriel, et pour base un hydriodate organique.

Quel que soit l'hydriodate qu'il ait pour base, ce sel double est blanc à l'état d'hydrate; mais susceptible, par sa dessiccation à une douce chaleur, de prendre une couleur jaune qui se rapprochera plus ou moins de celle du soufre, selon que l'hydriodate aura pour base ou la cinchonine ou la strichnine. En général, tous les sels doubles obtenus de la précipitation des hydriodates organiques par l'iodure de mercure sont incristallisables, presque insolubles dans l'eau et l'alcool, et partant peu sapides. Chauffés dans un tube à une température progressive, ils se fondent, passent au violet de vapeur d'iode, puis se décomposent en donnant des produits différens.

L'iodo-hydrargyrate d'hydriodate de cinchonine a été seul analysé. Il me paraît contenir pour 100,

Bi-iodure de mercure, 42,67.

Conduit, par des faits nombreux, à regarder les sels à bases organiques comme bien distincts des sels alcalins par leurs propriétés chimiques, j'avais lieu de penser que les hydriodates de ces mêmes bases organiques m'offriraient, par leur action sur les chlorures métalliques, certains résultats que ne fournit aucun des iodures alcalins, leurs congénères. Cette prévision fut convertie en certitude dans l'action de l'hydriodate de cinchonine sur le bi-chlorure de mercure ; car, loin de le décomposer en iodure rouge de mercure, comme le fait l'iodure de potassium, cet hydriodate se combine avec lui et forme un sel double qui, d'après ses principes constituans, doit prendre nom chloro-hydrargyrate d'hydriodate de cinchonine.

Ce sel se prépare en versant une solution de bi-chlorure de mercure dans une solution d'hydriodate de cinchonine, agitant le mélange jusqu'à ce que le précipité soit bien tranché ; alors on jette sur un filtre et on lave à plusieurs reprises. Ainsi obtenu, ce sel est blanc, peu soluble dans l'eau et l'alcool, léger, incristallisable, inaltérable à l'air. Sa saveur est celle du bi-chlorure mercuriel et de l'hydriodate de cinchonine. Actionné par un acide faible, l'acide acétique, par exemple, il se décompose en se transformant en iodure rouge de mercure et en hydrochlorate et acétate acides de cinchonine.

Desséché sous l'acide sulfurique et analysé par l'hydrogène sulfuré, ce sel m'a paru contenir, pour 100, 34;91 bi-chlorure de mercure.

Ce qui vient d'être dit de l'hydriodate de cinchonine,

par rapport au bi-chlorure de mercure, doit être appliqué à tous les autres hydriodates organiques.

De tous les sels d'alcalis organiques, les hydriodates, et avec eux les hydrobromates, ont seuls le privilége de combinaison avec le cyanure de mercure, et leur affinité réciproque n'est pas moindre que celle qui existe entre ces mêmes hydriodates et les iodures métalliques. Aussi suffit-il, pour en opérer la combinaison, ou de verser du cyanure de mercure dans un hydriodate, ou du cyano-hydrargyrate d'iodure de potassium, dans un sel quelconque à base organique. Dans l'un et l'autre cas, il se forme un magma caséiforme qui ne se tranche bien du liquide que par agitation.

Les cyano-hydrargyrates d'hydriodates organiques sont blancs, légers, incristallisables, inaltérables à l'air, peu solubles dans l'eau et l'alcool.

Les acides les convertissent en iodure rouge de mercure avec dégagement de vapeur prussique.

Le cyano-hydrargyrate d'hydriodate de cinchonine m'a paru contenir, pour 100, 33,94 de cyanure de mercure.

Je crois pouvoir conclure des faits rapportés dans ce Mémoire :

1°. Que les bases salifiables organiques, libres ou combinées avec l'acide hydrochlorique, agissent sur le bi-chlorure de mercure, comme l'ammoniaque ou son hydrochlorate ;

2°. Que la narcotine peut prendre une tenue alcaline, et se combiner avec les acides hydrochlorique et hydriodique, sous l'influence du bi-chlorure et du bi-iodure de mercure ;

3°. Que les hydriodates organiques s'unissent aux iodures métalliques, au bi-chlorure et au cyanure de mercure.

---

## Analyse *d'une tourmaline du mont Rose.*

Par M. Leplay, élève-ingénieur des Mines.

Cette substance a été trouvée dans la Morène du glacier de Macugnaga; elle est disséminée en cristaux prismatiques dans un granite graphique assez remarquable, qui s'y trouve en fragmens. Le mica qui est le moins abondant des élémens de la roche est, dans quelques parties, blanc ou jaunâtre, et, dans les autres, d'un très-beau vert. Le quartz est transparent et légèrement nuancé de rose; enfin le feldspath, qui est de beaucoup le principe dominant, et souvent en gros cristaux, présente dans sa cassure un éclat gras et une couleur verdâtre peu ordinaire. Des observations non publiées de M. Dufrénoy, prouvent qu'il y a également quelque chose de particulier dans la cristallisation de cette substance.

La tourmaline est noire; les prismes ont une grosseur très-variable; la base a dans quelques-uns jusqu'à 25 millimètres de largeur; d'ailleurs, comme à l'ordinaire, ils sont cannelés, et souvent l'extension de 3 des faces du prisme donne à la section transversale la forme triangulaire. Généralement les prismes sont terminés par une cassure aplatie et irrégulière, mais quelquefois aussi par les 3 faces du rhomboèdre primitif, légèrement tronqué par les 3 faces du rhomboèdre auquel ce rhomboèdre pri-

mitif est tangent. On aperçoit, dans le sens des clivages parallèles aux pans du prisme, des petits feuillets excessivement minces de quarz ou de feldspath, et qui rendent très-difficile le triage de la substance pure. La pesanteur spécifique, évaluée sur de très-petits morceaux bien triés, a été trouvée égale à 3.14.

Au chalumeau, un petit morceau blanchit d'abord à la surface, se boursouffle légèrement, puis fond en émail jaunâtre, après une insufflation bien soutenue. Le borax donne d'une manière très-tranchée la réaction du fer; la soude donne une masse brune opaque, et le sel de phosphore une perle transparente incolore, dans laquelle on aperçoit un squelette de silice. La présence de l'acide borique a été reconnue par la méthode de M. Buzengeiger; le minéral porphyrisé a été humecté, étendu sur le charbon et séché à la flamme du chalumeau, sans être porté au rouge; la petite feuille ainsi obtenue avait assez de consistance pour être saisie avec la pince de platine; cette pièce d'essai, introduite de bas en haut dans la vapeur bleue à l'extrémité du dard coloré, a été immédiatement suivie d'une atmosphère verdâtre, qui n'a pu laisser aucun doute sur la présence de l'acide borique.

M. Gmelin, dans son beau travail sur les tourmalines, a prouvé que cette famille était essentiellement composée de silice, d'alumine, d'un ou de plusieurs alcalis et d'acide borique, et qu'en outre on y trouvait presque toujours du fer, du manganèse, de la chaux, de la magnésie et de l'eau. Dans toutes les analyses de tourmaline, où il a voulu rechercher directement des alcalis, M. Gmelin a constamment employé le carbonate

de baryte ; j'ai voulu rechercher si la formule générale que M. Berthier a donnée pour l'analyse des pierres alcalines ne s'appliquerait pas avec autant de succès au cas particulier des tourmalines ; et, à cet effet, j'ai opéré de la manière suivante :

*Analyse par le carbonate de plomb.*

I. 5 gr. de tourmaline, bien triés et porphyrisés bien complètement ont été portés au rouge. Après cette calcination, la poudre pesait 4g.97. L'eau pèse donc 0g.03.

La substance calcinée et toujours bien pulvérulente a été mélangée intimement avec 15 gr. de carbonate de plomb et 10 gr. de nitrate. La fonction de cette dernière substance est de former une atmosphère oxigénante, et d'empêcher par là la réduction de l'oxide de plomb. D'ailleurs on prévient encore l'arrivée des vapeurs combustibles dans le creuset de platine où se fait la fusion, en plaçant celui-ci dans un autre creuset plus grand. Après un quart d'heure, la fusion était parfaite, et il ne se dégageait plus de gaz ; le verre, à cet instant, a été coulé rapidement dans une capsule pleine d'eau, où il s'est divisé en petits fragmens facilement attaquables par l'acide. L'eau ayant été enlevée, ce verre de plomb avec grand excès de base, ainsi que le creuset de platine qui en avait retenu une légère couche, ont été mis en digestion avec l'acide nitrique pur et concentré. Après douze heures, pendant lesquelles l'action de l'acide avait été aidée d'une douce chaleur, la liqueur s'est prise complétement en masse gélatineuse ; cette masse a été délayée dans l'eau, et la liqueur soumise à l'évaporation sur un feu très-doux. Une évapo-

ration trop rapide donne une perte sur l'acide borique entraîné par les vapeurs acides. La masse, complètement à siccité et bien pulvérulente, a été reprise par l'acide nitrique qui a reproduit les nitrates décomposés ; on a étendu d'eau et évaporé de nouveau jusqu'à consistance pâteuse. Le lavage de la silice a d'abord été fait par décantation, et il a été achevé sur le filtre avec de l'eau acidulée. La silice, ainsi recueillie, était d'un beau blanc, très-légère et pesait................ 2.205.

II. Le plomb qui était dans la liqueur acide en a été séparé par un courant d'hydrogène sulfuré, et la liqueur filtrée a été rapprochée jusqu'à consistance pâteuse. Cette évaporation a le double avantage d'amener le fer au *maximum*, et de prévenir la formation d'une grande quantité de nitrate d'ammoniaque qui, dans le dosage des alcalis, aurait pu entraîner une certaine quantité d'acide borique, par sa décomposition qui est toujours très-vive.

La liqueur, rapprochée, ayant été étendue de beaucoup d'eau, a été traitée par la quantité de carbonate d'ammoniaque suffisante pour précipiter le fer et l'alumine; ce point est assez facile à trouver, vu qu'il y a un intervalle notable entre la précipitation de ces substances et celles du manganèse et de la chaux. Le précipité ainsi obtenu pesait.................. 2.015.

Ce précipité, analysé par la soude caustique à l'alcool, ne contenait ni chaux, ni manganèse. Il a donné :

| | | |
|---|---|---|
| Peroxide de fer...... | 0.653 | 1.971. |
| Alumine........... | 1.318 | |

III. La liqueur, débarrassée du fer et de l'alumine, a

été traitée par quelques gouttes d'hydrosulfate d'ammoniaque, qui n'a donné aucun précipité : il n'y avait donc pas de manganèse dans la liqueur.

L'oxalate d'ammoniaque, versé goutte à goutte, a donné un précipité très-faible qui, transformé en chaux caustique par la calcination, pesait........ 0.025.

IV. La liqueur, qui ne contenait plus que de l'acide nitrique, de l'ammoniaque, de la magnésie, des alcalis et de l'acide borique, a été évaporée à siccité, avec les plus grands ménagemens, dans une capsule de porcelaine. La masse saline restante, ne laissant plus dégager de vapeurs, a été transportée dans une petite capsule de platine, pesée d'avance, où on l'a chauffée au rouge sombre, jusqu'à ce que tout le nitrate de magnésie ait été décomposé. Cette partie de l'analyse est très-délicate, vu la volatilité de l'acide borique, qui cependant n'est sensible qu'à un rouge bien prononcé. L'expérience a prouvé que, sans atteindre cette température, on pouvait effectuer complètement la décomposition du nitrate de magnésie. Pour saisir le point où il fallait s'arrêter, la capsule était pesée de deux minutes en deux minutes, et on s'assurait facilement, en ôtant le couvercle, que la perte observée à chaque pesée était due au dégagement du gaz nitreux. Enfin, après vingt-cinq minutes environ, la température ayant encore été augmentée et portée au rouge sombre pendant cinq minutes, la capsule ne perdit absolument rien. Le résidu était alors peu poreux, blanc-grisâtre et pesait.... 0.85.

V. Ce résidu a été désagrégé à l'aide de l'eau bouillante; la magnésie recueillie sur un filtre et lavée à l'eau bouillante pesait..................... 0.342.

VI. M. Gmelin ne tient pas compte de l'action que peut exercer, à la température rouge sombre, l'acide borique sur le sel alcalin ; toutefois dans la crainte que le nitrate alcalin n'eût été un peu altéré pendant la décomposition un peu longue du borate d'ammoniaque et du nitrate de magnésie, on a ajouté un peu d'acide nitrique à la liqueur avant de l'évaporer à siccité. Le résidu, porté à peine au rouge sombre, a bientôt été débarrassé de l'eau et de l'excès d'acide nitrique ; il pesait.............................. 0.552.

Le résidu salin, traité par l'alcool à 40°, a brûlé avec une flamme verte qui prenait une teinte très-foncée par l'addition d'un peu d'acide nitrique. Il a fallu remplir la petite capsule à quinze reprises différentes, pour que la couleur de la flamme disparût complètement, surtout vers la fin où la nuance devient toujours plus foncée. L'acide borique ayant été ainsi séparé, la capsule a été de nouveau portée au rouge sombre ; le résidu ne pesait plus que.............................. 0,266.

L'acide borique pesait donc.............. 0.286.

VII. Les nitrates alcalins ont été traités par l'acide sulfurique, et l'excès de cet acide ayant été chassé par l'addition de carbonate d'ammoniaque et par la chaleur blanche que l'on peut produire sans inconvénient, vu la fixité absolue des sulfates, on a obtenu des sulfates parfaitement neutres, qui pesaient........... 0.224.

Le sel ayant été repris par l'eau, il resta un peu de magnésie colorée par l'oxide de fer ; elle pesait 0.006.

VIII. La liqueur, traitée par le muriate de baryte, a donné : sulfate de baryte................ 0.306

ou bien acide sulfurique...... ......... 0.105.

[redacted]



Cette quantité d'acide, comparée au poids du sulfate alcalin, prouve que l'alcali est de la potasse, et que la quantité de celle-ci est............ potasse o.113.

En effet, o.105 d'acide sulfurique équivalent à o.228 de sulfate de potasse, et l'on a trouvé directement o.218.

IX. Cette quantité de potasse équivaut à [illegible]44 de nitrate alcalin, et l'on a trouvé directement o.200. Ces deux vérifications ne pouvaient laisser aucun doute sur la proportion, non plus que sur la nature de l'alcali. Cependant on a voulu rechercher si l'on n'y trouverait pas une trace des deux autres. Pour cela, on a séparé par le carbonate d'ammoniaque la baryte contenue dans la liqueur (VIII); la liqueur filtrée a été évaporée à siccité, et le muriate alcalin, chauffé au rouge sombre, pesait....... ........................ o.17.

Nouvelle vérification, puisque o.113 de potasse équivalent à o.181 de muriate.

Ce muriate, qui n'était pas déliquescent, repris par quelques gouttes d'eau, a été traité par le muriate de platine, évaporé à siccité à une chaleur très-faible, repris par l'alcool à o.84, qui dissout seulement le muriate de platine en excès, et les muriates de soude et de lithine quand il y en a. La liqueur ayant été évaporée, et le résidu porté au rouge sombre, le platine métallique provenant du muriate réduit a été recueilli sur un filtre. Enfin, la liqueur, évaporée de nouveau, n'a laissé sur la capsule qu'une légère trace due à du muriate de potasse; car une goutte de muriate de platine promenée sur cette trace a donné encore quelques petites paillettes jaunes de sel double insoluble. Il n'y avait donc pas la moindre trace de soude ni de lithine.

[redacted]



Les résultats de cette analyse sont donc :

| | | |
|---|---|---|
| Silice........... | 2.205 | 0.4410 |
| Alumine........ | 1.318 | 0.2636 |
| Protoxide de fer... | 0.598 | 0.1196 |
| Magnésie......... | 0.348 | 0.0696 |
| Chaux............ | 0.025 | 0.0050 |
| Potasse........... | 0.113 | 0.0232 |
| Acide borique..... | 0.286 | 0.0572 |
| Eau............. | 0.030 | 0.0060 |
| | 4.923 | 0.9846. |

La perte de 1 ½ pour cent, indiquée par ce résultat, s'explique en partie par la perte 0.044 trouvée dans l'analyse (III) du précipité de fer et d'alumine. Je pensai que cette dernière perte pouvait être due à la présence d'une certaine quantité d'acide borique entraîné par le précipité volumineux de fer et d'alumine produit par le carbonate d'ammoniaque. Pour vérifier cette circonstance importante pour le dosage de l'acide borique, je me décidai à refaire l'analyse d'une autre manière, mais sans rechercher l'alcali qui avait été dosé avec une exactitude suffisante.

### *Analyse par le carbonate de potasse.*

Voici d'une manière succincte les résultats de cette analyse :

I. 5 grammes de tourmaline porphyrisée ont été mêlés intimement avec 15 gr. de carbonate de potasse et chauffés au creuset de platine : il n'y a pas eu fusion ; mais, après une demi-heure, la masse était ramollie et paraissait

homogène. Elle a été complètement dissoute par l'eau et par l'acide muriatique. La silice, séparée comme à l'ordinaire, pesait........................ 2,164.

II. L'hydrogène sulfuré n'a produit, dans cette liqueur, qu'un léger précipité de soufre; ce qui a prouvé que dans l'analyse précédente, il n'y avait pas eu de principe de la tourmaline entraîné avec le sulfate de plomb. Le fer ayant été ramené au *maximum*, a été séparé avec l'alumine par le carbonate d'ammoniaque. Ce précipité, qui n'a pas été calciné au-delà du rouge sombre, pesait 2,07.

Dans le but de rechercher l'acide borique dans ce précipité, on l'a soumis aux essais suivans.

1°. 0,52 de ce précipité, placés dans une petite capsule de platine, ont été traités par l'alcool concentré; celui-ci a brûlé d'abord comme à l'ordinaire avec une flamme bleue passant au jaunâtre dans les points de contact avec la substance; mais, vers la fin, la flamme a pris une teinte verte sensible, mais peu intense. On a ajouté alors un mélange d'acide nitrique et d'alcool, et à la belle teinte verte de la flamme, on n'a pu méconnaître la présence de l'acide borique; vers la fin, l'action est devenue très-vive : la flamme a entraîné des particules d'oxide de fer qui la rendaient étincelante; une partie de la matière a été projetée au dehors, en sorte qu'on n'a pu évaluer la perte due à l'acide borique, perte qu'on aurait trouvée en portant la capsule au rouge.

2°. 0g,52 du même précipité ont été traités par un mélange d'acide sulfurique et d'alcool; cette fois, la flamme encore un peu scintillante, n'a pas donné de projections qu'on aurait d'ailleurs recueillies sur une assiette de porcelaine. La teinte verte ayant disparu après

[redacted]



plusieurs additions d'alcool, le résidu, porté au blanc, ne pesait plus que ........................ 0g,505.

Le précipité (11) contenait donc, acide borique 0,06.

3°. 1g,01 du même précipité ont été fortement calcinés; on a vu très-clairement pendant quelque temps une flamme bleuâtre autour du creuset; cependant la matière a éprouvé à peine une perte de 0g,01, et l'acide sulfurique et l'alcool y ont encore dénoté la présence de l'acide borique. Il paraît, d'après cela, que l'acide borique est retenu dans ce précipité par son affinité pour les bases; ce qui explique comment, dans cet état de combinaison, il a pu résister au lavage bien complet du précipité (11).

Il me semble bien prouvé, par ce qui précède, que la perte de 0,044 éprouvée dans l'analyse précédente, est due principalement à l'acide borique. Mais, comme la quantité d'acide borique qui se trouve ainsi entraînée par le fer et l'alumine doit probablement varier dans les différens cas, cette deuxième analyse ne peut servir à déterminer rigoureusement la perte d'acide qui a eu lieu dans la première.

IV. L'oxalate d'ammoniaque a donné un léger précipité, qui n'a pas été dosé.

V. La liqueur, évaporée à siccité avec addition de carbonate de potasse, a laissé du carbonate de magnésie qui, transformé en magnésie caustique par la calcination, pesait .................................. 0,31.

Cette quantité est plus petite que celle qui a été trouvée dans l'analye précédente, mais aussi cette dernière méthode de dosage est bien moins exacte que la première qui est à très-peu près complètement rigoureuse.

En comparant cette deuxième analyse à la première,

on voit que les résultats sont sensiblement les mêmes, seulement la quantité de silice est un peu plus faible; mais il est probable que le précipité de fer et d'alumine qui est un peu plus fort en a entraîné une petite quantité. Il faut seulement remarquer que la quantité d'acide borique donnée par la première analyse est un peu trop faible.

OBSERVATIONS.

Lorsqu'il y a du manganèse, il est assez difficile d'obtenir le fer et toute l'alumine complètement exempts de cette substance, par la méthode indiquée dans le n° (11) de la première analyse; mais comme la chose importante est d'obtenir séparément le fer et le manganèse, qu'il est aisé de séparer chacune de ces substances de l'alumine, voici la meilleure méthode à suivre dans cette circonstance.

On traite la liqueur par le carbonate d'ammoniaque, versé goutte à goutte jusqu'à ce que celle-ci soit complètement décolorée, avec la précaution que M. Berthier indique dans sa formule pour les carbonates à plusieurs bases. Tout le fer est alors précipité avec une partie de l'alumine, tout le manganèse est encore dans la liqueur avec le reste de l'alumine, et on les précipite l'un et l'autre par l'hydro-sulfate d'ammoniaque.

On pourrait précipiter directement le fer, l'alumine et le manganèse par l'hydro-sulfate, ce qui aurait probablement l'avantage de laisser tout l'acide borique dans la liqueur; mais, pour analyser ce précipité, il faudrait nécessairement redissoudre à deux reprises différentes, ce qui est toujours nuisible à l'exactiude d'une analyse.

En résumant tout ce qui précède, il me semble que la méthode la plus exacte pour l'analyse des tourmalines est la suivante :

Attaquer par les matières plombeuses, reprendre par l'acide nitrique, séparer la silice, séparer le plomb par l'hydrogène sulfuré ; précipiter le fer et une partie de l'alumine par le carbonate d'ammoniaque ; rechercher dans ce précipité l'acide borique ; précipiter le manganèse et le reste de l'alumine par l'hydro-sulfate d'ammoniaque ; séparer la chaux par l'oxalate ; doser la magnésie par l'évaporation à sec ; doser l'acide borique par l'alcool ; doser les alcalis à l'état de nitrates et de sulfates avec toutes les vérifications indiquées, auxquelles on peut joindre encore le dosage très-exact du chlore par le nitrate d'argent.

Cette méthode me paraît très-préférable à celle que M Gmelin a d'ailleurs suivie avec tant de succès dans son travail sur la tourmaline.

1°. L'emploi du plomb est bien plus avantageux que celui de la baryte parce que l'attaque dure beaucoup moins long-temps, et qu'ainsi la perte sur l'acide borique et sur les alcalis doit être moindre.

2°. La méthode est en général beaucoup plus simple, et chaque substance n'y est pas reprise par les acides à trois ou quatre reprises différentes.

3. Le dosage de la magnésie en particulier est incomparablement plus simple et plus exact.

En comparant le résultat de cette analyse avec ceux de M. Gmelin, on voit que la tourmaline du mont Rose rentre dans la troisième classe de la division qu'il a établie ; elle présente quelque analogie avec la tourmaline

noire du Saint-Gothard ; elle en diffère en ce qu'il n'y a ni manganèse, ni perte notable que M. Gmelin attribue à la présence d'un alcali volatil.

---

## ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 19 *octobre* 1829.

*Pièces manuscrites.* Paquet cacheté de M. Baudeloque contenant, d'après sa déclaration, des procédés nouveaux relatifs aux accouchemens ; Paquet cacheté de M. Pelletier relatif à des recherches chimiques non terminées ; Paquet cacheté de M. Samuel Bauss, de Vevey, contenant des produits chimiques ; Mémoire sur la propriété de la force projectile dans la constitution des corps simples, par M. Menier d'Aleth ; M. Robineau Desvoidy annonce qu'en faisant l'ouverture d'une vipère (de celles qu'on appelle vulgairement *serpens rouges*), il a trouvé dans l'utérus plus de 3000 petits à divers états.

M. Boyer fait un rapport favorable sur les moyens proposés par M. Baudeloque pour broyer la tête d'un enfant mort dans le sein de sa mère.

M. Geoffroy Saint-Hilaire fait un rapport sur deux jumeaux âgés de 18 ans, et qui sont attachés par le ventre.

M. Dupetit-Thouars rend compte des procédés proposés par M. Gautheron pour produire sur-le-champ des figures, des plantes, des feuilles et des fleurs.

[redacted]



M. Sturm lit un Mémoire intitulé : *Résumé d'une nouvelle théorie relative à une classe de fonctions transcendantes.*

*Séance du lundi 26 octobre.*

*Pièces manuscrites.* Paquet cacheté de MM. Audouin et Milne Edwards ; Mémoire sur une machine hydraulique, par M. Sallier ; Note sur un grand cercle répétiteur, par M. Lenoir père ; Demande adressée par M. Morlet, afin que l'Académie se fasse rendre compte promptement d'un travail qu'il a présenté sur le déplacement et le changement de forme de l'équateur magnétique.

L'Académie a entendu ensuite : un Rapport de M. Brongniart sur un Mémoire de M. Beaumont (*voyez* plus bas) ; Rapport très-favorable de M. Cuvier, sur les travaux zoologiques exécutés pendant le voyage de M. d'Urville ; et enfin, un rapport de M. Chevreul sur un Mémoire de M. Robiquet, concernant le principe colorant de l'orseille.

M. Becquerel lit le Mémoire qui fait partie de ce Cahier.

*Séance du lundi 2 novembre.*

*Pièces manuscrites.* Observations de M. Chauvin sur son échelle de proportion ; Note sur une eau propre au traitement des maux d'yeux, par M. Guyon ; Mémoire sur la rectification des courbes par John Walsh ; Mémoire de M. Babinet sur la cause du retard qu'éprouve la lumière dans les milieux réfringens ; Nouvelles recherches sur les crustacés, par M. Milne Edwards ;

Paquet cacheté de MM. Robiquet, Colin et Lagier, contenant de nouvelles observations sur la garance; Mémoire de M. Héricart de Thury sur le projet des puits forés à Lyon; Enfin, des lettres de divers candidats qui se mettent sur les rangs pour les places vacantes.

M. Breschet lit un Mémoire sur la structure de l'organe de l'ouïe dans quelques poissons.

M. Roux lit un Mémoire contenant l'exposé de quelques faits de chirurgie-pratique, dans lesquels ont été employés des moyens nouveaux.

---

## Supplément *à l'Analyse de la séance du lundi 26 octobre.*

Rapport *sur un Mémoire de M. de Beaumont, concernant l'ancienneté relative des différentes chaînes de montagnes d'Europe* (1).

Depuis que le célèbre Werner, par l'heureuse et féconde liaison de faits bien observés, avec une théorie ingénieuse et sage, a montré qu'on pouvait établir une sorte de chronologie géologique des événemens physiques qui avaient concouru à la structure du globe, et qui, pour n'avoir eu aucun homme pour témoin, n'en était pas moins sûre que la chronologie historique: depuis qu'il a montré comment on pouvait savoir dans quelle succession s'étaient formés la plupart des minéraux, des métaux et des roches qui composent l'écorce

---

(1) Ce Mémoire, intitulé *Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe*, paraît dans les *Annales des Sciences naturelles*; septembre, novembre et décembre 1829.

[redacted]



de la terre, l'attention des naturalistes a été reportée avec ardeur sur un sujet piquant par son rapport direct avec l'histoire de tous les grands phénomènes naturels. Cette considération n'a pas seulement occupé les géologues, les minéralogistes, les mineurs ; elle a intéressé toutes les classes de la société, depuis les naturalistes et les physiciens qu'une telle question touchait plus particulièrement, jusqu'aux personnes qui, par leur genre d'étude ou de vie, semblaient les plus éloignées de s'occuper d'un semblable sujet.

Il est résulté de cette impulsion, que le zèle et le nombre des observateurs s'est accru dans une immense proportion, et que le nombre des faits, dont la géologie se compose actuellement, a augmenté dans la même progression.

Si, d'un côté, ces nombreuses découvertes ont conduit à modifier quelques-unes des conséquences déduites de faits connus et proclamées comme générales, par l'école de Freyberg ; de l'autre côté, ces nouvelles observations, en étendant considérablement le champ de la science, lui ont donné une importance et un intérêt propre à consolider la gloire de l'illustre Saxon, qui en a posé les premiers et les vrais principes.

Werner et son école avaient fondé, jusque vers 1800, la chronologie géologique ou l'ordre de formation des terrains sur leur ordre de superposition, et déduit l'âge des minéraux et des métaux de leur position dans ces terrains, et du croisement des fissures qui les renferment.

Vers cette époque, des débris organiques renfermés dans certaines roches, et considérés sous les rapports

de leur position respective et de leur espèce, ont offert un moyen de plus et un moyen très-efficace d'établir un nouveau chronomètre géologique, avec lequel on pouvait subdiviser davantage les terrains, et reconnaître les roches d'époques géologiques très-éloignées, lors même qu'elles se ressemblaient par leur nature, et qu'elles se présentaient dénuées du secours que prête à une semblable détermination la présence des roches recouvertes et des roches recouvrantes.

Les principes de la science paraissaient donc assez bien réglés, et leur application assez simple. Aucune valable contradiction ne s'était encore élevée contre leur admission, lorsqu'on est venu annoncer que le granite, cette roche si généralement admise comme la plus ancienne par le professeur de Freyberg, et par tous ceux qui, en reconnaissant la justesse de ses observations locales, en avaient peut-être un peu trop généralisé les conséquences; que le granite, dis-je, pourrait bien être, dans quelques cas, postérieur à certaines roches schisteuses qui renfermaient des débris organiques, et qui faisaient partie de ces terrains ambigus que le célèbre Werner, comme par prévision de ce qui pourrait arriver, avait nommés *terrains de transition.*

Ce premier pas était le plus difficile, aussi on fut lent à le faire; on le fit comme en tâtonnant; il fallut l'aide de bien des géologues pour le franchir. MM. de Raumer, de Buch, de Bonnard imprimèrent le premier mouvement. Un géologue, entraîné par des observations qui frappèrent une imagination déjà trop active, M. Marzari, le franchit tout entier, et alla même bien au-delà, en déclarant que le granite de Predazo était postérieur à des

calcaires de l'âge de notre craie. Enfin la route fut complètement ouverte par M. de Buch, qui l'avait le premier indiquée. C'est une voie presque généralement adoptée. On parle du granite épanché sur des terrains de sédimens remplis de débris organiques, comme d'une proposition devenue classique dans la science.

Néanmoins les faits qui contribuèrent à constater un phénomène aussi inattendu seront encore reçus et accueillis pendant long-temps et avec intérêt et reconnaissance, parce qu'ils contribueront à généraliser une observation que l'on pouvait regarder comme locale et exceptionnelle, et parce qu'ils serviront à replacer dans l'ordre naturel un fait qui semblait être une anomalie. Les recherches, les observations, les découvertes, et tous les développemens relatifs à ce grand phénomène nous amèneront à connaître comment il a pu se passer, à quelle époque géologique il s'est passé, quelle influence il a eu sur les formes de l'écorce du globe, sur la nature des roches qui la composent, sur celles des corps organisés qui l'habitent. Ils nous dévoileront peut-être quelle sorte de changemens ont dû avoir lieu dans les élémens inorganiques et organiques de la surface terrestre, lorsque le granite, ce noyau, cette ossature des plus hautes et des plus grandes montagnes a paru sur le globe, en a soulevé et brisé les couches et s'est, dans bien des cas, comme étendu sur elles.

Tel a été le but des recherches dont M. Elie de Beaumont a consigné la description et le résultat dans le Mémoire qu'il a lu à l'Académie, le 22 juin dernier, et dont nous allons chercher M. Brochant, M. Beudant et

moi à faire apprécier la valeur, les conséquences et le mérite.

La formation des chaînes alpines par soulèvement, c'est-à-dire par suite d'une exubérance des parties inférieures aux couches qui composent l'écorce du globe et du redressement de ces couches est une opinion admise presque généralement. De Saussure l'avait avancée timidement ; M. de Buch l'a émise un des premiers comme un phénomène presque incontestable ; M. Keferstein, M. Merian de Basle l'ont employée comme une hypothèse reçue et parfaitement d'accord avec les effets observés.

En admettant ce hardi résultat, il reste bien des choses à savoir sur les causes qui ont produit une semblable révolution et sur les circonstances qui l'ont accompagnée.

Les dispositions qui peuvent nous faire connaître ces circonstances sont observées depuis trop peu de temps, elles sont encore trop peu nombreuses, malgré toutes celles qui sont rapportées dans le Mémoire de M. de Beaumont, pour que nous puissions raisonnablement penser à en assigner et peut-être même à en rechercher les causes.

Mais on peut demander quelles sont les roches qui formaient la protubérance soulevée et soulevante, si le soulèvement s'est fait rapidement ou lentement, et s'il a eu lieu à plusieurs reprises, à quelles époques géologiques il s'est produit ; si un tel mouvement n'a pas dû être accompagné et suivi de nombreuses fissures et de grands affaissemens. On demandera enfin par quelle sorte d'observation on a pu déterminer les époques de ces paroxismes de soulèvement, la direction générale qu'ils

ont suivie, et comment on a pu lier à chacune de ces époques les diverses chaînes de montagnes qui leur appartiennent.

Si l'Académie a conservé le souvenir du Mémoire que lui a lu M. de Beaumont, elle peut se rappeler qu'il a déjà répondu, au moins en grande partie, à la plupart de ces questions, qu'on aurait pu traiter, avant l'époque de Werner, d'indiscrètes et de vaines, parce qu'on ne voyait alors dans la science aucun moyen d'y répondre; mais, si les travaux de M. Elie de Beaumont et le récit de ses observations apportent dans les esprits des géologues le même genre de conviction que dans le nôtre, nous pourrons dire qu'il a répondu à la plupart de ces questions et d'une manière propre à satisfaire les esprits les plus difficiles.

On voyait dans les hautes chaînes de montagnes des roches en couches presque verticales; on remarquait que dans les pays plats situés loin de ces montagnes, la stratification était plus généralement régulière et horizontale. Mais tout en présumant l'influence de ces hautes montagnes sur la perturbation de la stratification, on n'avait encore observé aucun principe de liaison entre ces deux dispositions.

Une autre disposition rendait encore le problème plus difficile. On trouve des terrains en couches horizontales jusqu'au milieu des vallées des montagnes qu'on nommait primitives. Or, ces terrains sont quelquefois composés des mêmes roches, des mêmes débris organiques que ceux qui se montrent très-inclinés, redressés même jusqu'à la verticale dans le voisinage d'autres chaînes de montagnes considérées aussi comme primordiales.

Les observations nombreuses et ingénieuses que M. de Beaumont a consignées dans le travail considérable qu'il a soumis au jugement de l'Académie, rattachent toutes ces dispositions à des phénomènes généraux dont la découverte nous semble ouvrir un champ nouveau à la géologie.

La plupart des chaînes de montagnes qui s'élèvent sur la surface du globe, résultent d'un soulèvement ou d'un mouvement de bascule des diverses parties de la croûte terrestre.

Cette proposition, émise pour la première fois par de Saussure et fondée sur l'observation de couches très-inclinées, composées de matériaux qui n'avaient pu être déposés qu'horizontalement, est, comme nous venons de le dire, presque généralement admise.

Mais toutes les chaînes de montagnes n'ont pas été soulevées à la même époque, et il est possible de distinguer et même d'énumérer ces différens paroxysmes d'élévation par plusieurs genres d'observations. Cette proposition, qui nous paraît nouvelle, est due, avec ses preuves et ses développemens, à l'auteur du Mémoire que nous examinons.

Comme tous les grands principes des sciences, elle peut déjà être réduite à des règles si simples qu'on est étonné de ne les avoir pas aperçues plus tôt. Nous devons les rappeler, car elles sont le point important et très-remarquable du travail de M. Elie de Beaumont.

Les aspérités du globe, en se formant par soulèvement, ont dû soulever avec elles les terrains de sédiment qui s'étaient déposés à peu près horizontalement dans le fond des mers ou des grands amas d'eau. Les époques de for-

mations de ces terrains de sédiment horizontaux se font reconnaître par leurs rapports de position, quelquefois par la nature de leurs roches, mais plus souvent et beaucoup plus sûrement par les espèces de corps organisés dont ils renferment les débris. Les géologues sont d'accord sur ce mode de détermination et sur ses conséquences.

Or, dans un système de montagnes présentant des couches très-inclinées et des couches horizontales, les couches de sédiment inclinées ont nécessairement été formées avant la révolution qui a soulevé la chaîne de montagnes, tandis que les couches horizontales n'ont pu être déposées dans les vallons ou sur les pentes de cette chaîne qu'après cette révolution. Par conséquent, on pourra établir que l'apparition de cette chaîne de montagnes par soulèvement a eu lieu dans l'intervalle de temps qui a séparé le dépôt des premières couches de celui des secondes.

En partant de ce principe, M. Elie de Beaumont a pu reconnaître, dans la partie orientale et méridionale de la France et dans la partie occidentale des Alpes, quatre époques principales de soulèvement ou de révolution de la surface du globe, et en observant la direction générale que les chaînes de montagnes ont prise à chacune de ces époques, il a cru pouvoir y rattacher des montagnes qu'il n'a pas visitées, mais qui, par cette même direction et par ce qu'on peut savoir des roches et des débris organiques qui les accompagnent, lui ont paru être dues à la même révolution géologique.

La première révolution qu'il signale, mais qui n'est probablement pas la première qui ait modifié les formes

extérieures du globe, est celle qui a soulevé les couches de toutes les roches à débris organiques et des roches de sédiment sans débris organiques alternant avec elles, qui renferment le calcaire jurassique, et toutes celles qui lui sont inférieures. Cette révolution a donc eu lieu après le dépôt des formations jurassiques. Il y a eu alors une interruption; pendant cet intervalle de repos, qui a été probablement très-long, les terrains crétacés se sont formés; car ceux-ci n'ont pas été compris dans le relèvement de la première révolution, et, bien plus, ils se sont déposés en couches horizontales sur la crête des couches redressées par cette révolution.

Les montagnes composées de granite, de gneiss, et d'autres roches qu'on nomme *primordiales*, et qui forment les chaînes peu élevées de l'Erzgebirge en Saxe, celles du département de la Côte-d'Or, celles du Forez, sont données comme exemples observés directement des montagnes soulevées par cette révolution, qui est la première et la plus ancienne de celles que M. de Beaumont a observées et décrites, mais qui avait été certainement précédée par plusieurs autres.

On a vu, dans le Mémoire de M. de Beaumont, comment, observant la direction de ces crêtes ou rides de la surface du globe, il a vu qu'elle était pour toutes à peu près la même, et comment, à l'aide de ce principe, il a cru pouvoir rapporter à cette première époque un grand nombre d'autres chaînes qui présentaient la même direction.

On sait que les filons de même nature, qui ne sont eux-mêmes que des fissures remplies de matière minérale souvent cristallisée, suivent, dans un même canton,

la même direction normale. Qui est-ce qui n'a pas remarqué sur un bloc de marbre veiné, que les veines de calcaires spathiques affectent souvent des directions parallèles ? Ne peut-on pas admettre avec M. de Beaumont, que la même cause qui a produit ce phénomène en petit dans les marbres, plus en grand dans les filons d'un même canton, l'a également dirigé dans les chaînes de montagnes à roches cristallisées, qu'on avait déjà comparées à de grands filons ?

Toutes les chaînes de collines ou de montagnes à roches primordiales, qui présenteront les couches de terrains crétacés fortement inclinées et comme redressées par elles, auront été soulevées après le dépôt de ce terrain nécessairement horizontal, ou à très-peu près ; mais comme les couches du terrain, qu'on nomme *tertiaires*, ne partagent pas ce redressement dans les montagnes de la seconde révolution, on en conclura, et nous pouvons dire *nécessairement*, que ce terrain n'avait pas encore été déposé à cette seconde époque.

M. de Beaumont donne comme exemple observé, et par conséquent comme preuve de l'époque de cette révolution géologique, la seconde dans l'ordre de celles qu'il a signalées, les Pyrénées, depuis le cap Ortegal, et les Apennins, en faisant remarquer que la direction générale de ces montagnes est différente de celle des montagnes de la première révolution. Il ramène à ce système, qu'il appelle *Pyrénéo-Apennin*, toutes les chaînes de montagnes qui présentent une même direction générale parallèle à celle de ces deux chaînes.

Le troisième redressement nous paraît un des plus remarquables, et par ses effets gigantesques et par son

époque presque récente ; c'est lui qui a produit les Alpes occidentales ; il a redressé tous les terrains de sédiment à débris organiques, depuis les plus anciens jusqu'aux plus nouveaux ; par conséquent, les terrains jurassiques qui peuvent avoir échappé à la première et à la seconde révolution, les terrains crétacés et jusqu'aux terrains tertiaires, ces terrains que l'on considérait comme si limités, si spéciaux, il y a bientôt trente ans, qu'à peine en faisait-on mention dans les géologies de cette époque.

Les Alpes occidentales, par conséquent les plus hautes Alpes, en s'élevant, les ont soulevés avec elles, et ont porté à plus de 3000 mètres d'élévation des terrains déposés dans le fond des mers. Ce n'est donc pas la mer elle-même, c'est-à-dire tout l'Océan élevé à cette prodigieuse hauteur, qui a porté et déposé ce terrain marin sur le sommet des Alpes ; mais ce sommet est parti, pour ainsi dire, du fond des eaux, et comme couronné des lits du calcaire grossier ; il les a élevés avec lui jusque dans la région des nuages et des neiges perpétuelles ; ils y sont arrivés presque intacts dans certaines parties, mais plus souvent brisés, contournés et noircis, comme si la chaleur, qui a dû causer ou même accompagner une si violente révolution, avait charbonné les débris et les matières organiques abondantes dont ils étaient pénétrés.

La partie occidentale des Alpes, c'est-à-dire les Alpes du Dauphiné et de Savoie, et par conséquent le Mont-Blanc et ses annexes, sont les parties de cette haute chaîne sur lesquelles les observations de M. de Beaumont ont plus particulièrement porté. Ce sont celles qu'il donne pour exemples, et auxquelles il rapporte les

[redacted]



chaînes des montagnes qui paraissent s'y lier par une même direction.

Ce n'est, suivant ce géologue, ni le dernier soulèvement signalé, ni la dernière révolution que la surface terrestre ait éprouvée ; une nouvelle et violente dislocation des couches du globe qui a soulevé le Saint-Gothard et les Alpes centrales, qui a soulevé, en Provence, le Leberon et quelques collines, a été elle-même accompagnée et suivie d'autres grands phénomènes qui ont contribué avec elle à modifier la forme extérieure et la structure de l'écorce du globe.

On peut dire que la reconnaissance de ces phénomènes forme, dans le travail de M. de Beaumont, un second genre de considérations, en partie indépendant du premier, mais qui concourt efficacement à compléter l'histoire des révolutions du globe.

Il est une classe de terrains composés de débris de roches, tantôt arrondis en galets, tantôt ayant conservé leurs angles et leurs crêtes presque intacts ; on les appelle *terrains de transport*, parce qu'ils ne peuvent être dans les lieux où on les voit, que par suite d'un transport plus ou moins évident.

Il y a quelques-uns de ces terrains de transport, celui que les Suisses nomment *Nagelflue*, qui appartiennent évidemment au terrain tertiaire. Il en a partagé, dans les Alpes, tous les mouvemens. Ce n'est pas de celui-ci qu'il est question ici, mais bien d'un ou plutôt de deux terrains de transport postérieur au Gompholite (Nagelflue). Ce sont eux qui montrent, par leur position et par une multitude d'autres circonstances importantes

développées avec des détails infinis dans le Mémoire de M. de Beaumont, qu'ils ont été déposés après le relèvement des Alpes occidentales et des terrains tertiaires; car ils sont constamment placés sur la crête ou tête des couches de ces derniers. Ce sont, d'une part, les énormes amas de cailloux roulés qui remplissent la vallée du Rhône, entre la Saône et l'Isère; de l'autre, ce sont les blocs et cailloux erratiques, dont les grosses masses anguleuses sont restées dans les vallées des Alpes et sur les pentes du Jura, et dont les parties plus petites et plus arrondies composent la plaine de la Crau en Provence. Quoique dans ces terrains la stratification soit nulle ou peu sensible, on a cependant des moyens sûrs de reconnaître qu'ils ont été produits par le quatrième redressement dont on vient de parler, et qui a opéré le redressement des Alpes centrales et la dispersion des débris de leurs roches, mais qu'ils doivent aussi leur formation et leur position à d'autres causes.

M. de Beaumont croit pouvoir les trouver dans un changement brusque de niveau et d'inclination du sol qui les porte, dans une espèce de mouvement de bascule ou d'enfoncement qui a eu lieu dans le sol de la Provence, par suite d'énormes fissures ou failles qui se dirigent à peu près de l'est à l'ouest, et qui ont produit les montagnes à escarpemens presque verticaux du Leberon, de l'Etoile et de la Sainte-Baume. Ces failles, qui ne diffèrent des filons que parce qu'elles ne renferment aucune roche cristallisée, peuvent être considérées comme le résultat d'énormes fractures des couches, qui peuvent être aussi-bien et peut-être même plus convenablement attribuées à l'affaissement de la partie

la plus basse qu'au soulèvement de la partie qui est restée la plus haute.

Mais, en poussant plus loin l'observation, on voit, comme nous venons de l'indiquer, que ce même terrain de transport peut lui-même être attribué à deux époques, et c'est encore une des observations les plus délicates et les plus importantes renfermées dans le Mémoire M. de Beaumont.

L'une, qui est la plus ancienne, a produit le terrain de transport inférieur désigné par M. de Beaumont, sous le nom de *terrain de transport ancien*. Il est composé de cailloux de diverses natures, toujours arrondis et ne renfermant pas un seul bloc volumineux. Ce terrain, qui se présente avec tous ses caractères dans la partie de la vallée du Rhône que nous avons limitée plus haut, est sillonné de ravins, de vallons, même de vallées qui y ont été évidemment ouvertes après l'époque de son dépôt : des cours d'eau puissans et rapides ont pu produire ces creusemens dans des terrains qu'on peut appeler *meubles*, malgré la grosseur de leurs parties. Mais en ouvrant et creusant ces vallons, ces cours d'eau y ont transporté ou déposé les gros blocs erratiques dont on vient également de parler. Ces blocs sont placés sur les pentes et dans le fond des vallées ; mais jamais ils ne pénètrent dans l'ancien terrain de transport ; jamais ils ne se mêlent avec lui. Ce sont les témoins gigantesques et immobiles de la dernière révolution qui s'est passée à la surface de la terre dans les pays qui ont été soumis à notre observation. Ils ont suivi, et peut-être après un assez long intervalle de temps, le redressement des Alpes occidentales et l'époque de la formation du terrain tertiaire ; ils ont ter-

miné ces époques de tourmente et de destruction, qui ont précédé immédiatement l'état de repos qui caractérise l'époque actuelle, et qui ont laissé aux continens, à très-peu près, la forme qu'ils ont dû prendre après cette dernière catastrophe.

On voit combien de considérations différentes, intéressantes et de la plus haute importance pour l'histoire naturelle du globe, sont renfermées dans le Mémoire que M. Elie de Beaumont a soumis au jugement de l'Académie. Ce Mémoire, dont nous n'avons rappelé que les résultats généraux, et encore de la manière la plus brève, est rempli de détails qui font connaître sur quels faits M. de Beaumont s'est appuyé pour arriver à ces résultats et qui fournissent la preuve de leur justesse (1).

Si donc les principes d'où M. de Beaumont est parti sont vrais, comme tout nous porte à le croire, il faut en admettre la conséquence et même les applications. Ainsi, après avoir reconnu avec M. Werner et avec les géologues qui ont employé la considération des débris organiques, l'âge relatif de quelques roches, et surtout celui des terrains de sédiment, nous pouvons, avec M. de Beaumont, reconnaître l'âge des chaînes de montagnes.

---

(1) Ce Mémoire a été imprimé en entier dans les *Annales des Sciences naturelles*, *etc.*, non-seulement tel qu'il a été présenté à l'Académie en juin 1829, mais avec les additions que le dernier voyage de M. Elie de Beaumont lui a permis d'y faire; additions que les commissaires de l'Académie ont eues sous les yeux, et qui sont importantes en ce qu'elles tendent seules à confirmer les conséquences que M. de Beaumont a déduites de ses premières observations.

Nous pourrons dire avec lui que les montagnes peu élevées de l'Erzegebirge, de la Côte-d'Or, du Forez, sont postérieures au calcaire jurassique et plus anciennes que celles des Pyrénées et des Apennins, qui sont elles-mêmes postérieures à la craie, et que celles-ci sont encore plus anciennes que les Alpes occidentales; nous dirons que les Hautes-Alpes, dont le Mont-Blanc fait partie, sont plus jeunes que toutes les montagnes du Forez, que les Pyrénées, et enfin que les Alpes centrales, etc., dont le Saint-Gothard fait partie, sont les plus récentes des chaînes de montagnes, de beaucoup postérieures au terrain tertiaire du bassin de Paris, et de l'époque des terrains de transport les plus nouveaux; nous pourrions dire qu'en comparaison des montagnes contemporaines de l'existence des Ammonites, des Belemnites, des Ichthyosaures, et de cette multitude d'animaux perdus, les Alpes, le Mont-Blanc et le Saint-Gothard, postérieurs aux terrains tertiaires et à toutes ces générations de mollusques si pareils à ceux qui vivent dans nos mers, sont comme nés d'hier, et qu'ils ont enseveli les mastodontes et les éléphans européens, témoins du soulèvement de ces géans des montagnes européennes.

On juge que de semblables catastrophes n'ont pu se faire ni lentement, ni tranquillement. Des forces qui soulèvent les Hautes-Alpes, qui transportent à de grandes distances des masses énormes de rochers, doivent se composer d'une grande puissance augmentée d'une grande vitesse. C'est l'opinion de M. de Beaumont; et si, dans la réserve académique, nous ne devons adopter aucune sorte d'hypothèse, celle-ci est assez

raisonnable pour que la même réserve nous défende de la rejeter.

M. Elie de Beaumont n'ignore pas que M. Keferstein, admettant le soulèvement des Alpes et quelques-unes de ses conséquences, avait dit, en 1828, que *cette révolution pouvait bien avoir eu lieu pendant le dépôt de la craie, ou même de formations encore plus récentes*; que M. Mérian de Basle avait inséré dans les Mémoires de la Société helvétique des Sciences naturelles plusieurs vues sur les rapports d'époques de soulèvement du Jura avec les terrains que renferment ses vallées. Il cite textuellement les passages dans ses Mémoires; mais il y a loin de ces aperçus ingénieux locaux et spécieux aux lois générales reconnues par M. de Beaumont, aux nombreux faits qu'il a observés ou rassemblés pour les établir, aux résultats qu'il en a déduits, et qui nous paraissent aussi nouveaux qu'élevés. Nous pensons qu'il a été le premier à reconnaître : premièrement, les différentes *époques* de soulèvement des chaînes de montagnes fondées sur les *époques* de formation des terrains sur lesquels elles ont agi, et de ceux qu'elles ont laissés intacts; secondement, *les rapports de ces époques avec les diverses directions de ces chaînes*, rapports si remarquables par leur constance qu'il a pu les employer pour déduire avec une grande probabilité les époques de soulèvement d'un grand nombre de chaînes de montagnes sans avoir eu besoin de les visiter; troisièmement, enfin, à distinguer *les anciens aterrissemens qui ont succédé aux dépôts tertiaires des traces et des effets mêmes des grandes catastrophes géologiques* qui ont dû être causées par les phénomènes de soulèvement et de dislocation.

Le Mémoire de M. de Beaumont expose donc certainement l'une des théories les plus nouvelles, les plus hardies et les plus ingénieuses qui aient été proposées depuis long-temps ; elle semble même détruire des théories qui ont pour elles l'honorable prévention d'un nom illustre et d'un assentiment général, et qui ont été adoptées, professées par plusieurs des membres de cette Académie (1). Cependant votre commission, non seulement n'hésite pas à vous proposer de sanctionner le travail remarquable de M. de Beaumont, mais elle vous demandera de l'encourager par votre plus haute approbation.

L'Académie des Sciences saura toujours distinguer les idées nouvelles, résultat d'expériences et d'observations nombreuses, bien faites, discutées avec une saine et sévère critique, de celles qui ne sont que le résultat des conceptions d'une imagination active, entraînée par quelques aperçus. Elle accueillera les premières, et gardera le silence sur les autres sans craindre que des esprits chagrins, blessés par cette sage réserve, s'écrient que l'Académie repousse les lumières. Mais l'accueil empressé qu'elle aura fait et qu'elle fera à tout Mémoire semblable à celui que nous venons d'exa-

---

(1) La plupart des professeurs de géologie de Paris, et notamment deux de ceux qui ont été chargés de l'examen du travail de M. de Beaumont, ont professé la géognésie, d'après les principes posés par Werner du dépôt successif des couches du globe par voie de cristallisation aqueuse et de sédimens. Or les observations de M. de Buch, et celles qui font la base du Mémoire de M. de Beaumont, modifient considérablement ces principes.

miner, apprendra qu'elle sait distinguer les vérités fondées sur de solides bases, des opinions même spirituelles, déduites de données incertaines ou vagues.

Nous avons donc l'honneur de proposer à l'Académie d'accorder son approbation au genre de recherches renfermées dans le Mémoire de M. de Beaumont, et aux conséquences remarquables qu'il en a déduites; et de lui donner tous les encouragemens dont elle peut disposer, en ordonnant l'impression de son Mémoire dans le *Recueil des Savans étrangers.*

Signé BEUDANT, BROCHANT DE VILLIERS;
BRONGNIART, Rapporteur.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

---

SUPPLEMENT *à l'Analyse de la séance de l'Académie, du* 17 *août* 1829.

EXTRAIT *du Rapport fait par MM. Serres, Magendie et Duméril, sur un Mémoire de M. le Dr Lugol, relatif à l'emploi de l'iode dans les maladies scrophuleuses.*

(Nous revenons sur cet objet moins encore parce qu'on nous l'a demandé, qu'à cause de son importance. Nous pourrions ajouter que cet article servira de réponse à ceux qui ne manquent pas, quand les chimistes découvrent des substances nouvelles, de demander *à quoi bon?*)

Nous rappellerons, disent en commençant MM. les rapporteurs, que les scrophules, long-temps désignées

sous le nom d'*humeurs froides* ou d'*écrouelles*, sont une de ces maladies lentes, répugnantes, souvent héréditaires, qui font le désespoir des familles, parce qu'on en guérit rarement, et, qu'aujourd'hui même, la plupart des médecins « la regardent comme incurable lors- « qu'elle est portée à un certain degré. »

Les commissaires, après une description détaillée des scrophules, arrivent au travail de M. Lugol. Le médicament dont ce médecin a fait usage n'est pas tout-à-fait nouveau, mais il n'avait jamais été administré ni avec autant de méthode et de précaution, ni sur un aussi grand nombre d'individus à la fois, ni avec des succès aussi évidens.

Dans le court espace de dix-sept mois, M. Lugol a traité 109 malades. Il a fait usage pour cela de deux espèces de préparations d'iode : l'une, administrée uniquement à l'intérieur, est une solution de ce corps dans l'eau; les autres destinées à un emploi extérieur, sont aussi des solutions aqueuses plus ou moins chargées pour injections, lotions et collyres; des onguens pour les ulcères, ou des pommades pour les frictions.

Des 109 scrophuleux traités par M. Lugol à l'hôpital Saint-Louis, en 17 mois,

39 étaient encore en traitement à l'époque où les commissaires firent leur rapport;

30 avaient quitté l'hôpital avec des amendemens notables;

4 n'avaient pas été soulagés;

26 étaient sortis complètement guéris.

Les commissaires déclarent qu'ils ne se sont pas bornés à prendre connaissance du Mémoire de M. Lugol;

qu'ils ont désiré voir, examiner, interroger les malades en traitement; qu'ils se sont fait présenter quelques-uns de ceux qui étaient indiqués comme tout-à-fait guéris ou en voie de guérison, et que les assertions de l'auteur se sont trouvées parfaitement exactes.

---

## Sur *le Pouvoir magnétisant des rayons solaires.*

Par MM. P. Riess et L. Moser.

(L'extrait qui suit a été rédigé par les auteurs.)

On lit, dans ces *Annales*, tome xxxiii, page 393, des expériences faites par madame Sommerville, qui tendent à confirmer l'action magnétique du rayon violet. Cette action, découverte par M. Morichini, à Rome, et décrite par lui long-temps avant, avait été révoquée en doute, tant par les physiciens français que par ceux de l'Allemagne et de l'Italie. Néanmoins, le résultat favorable auquel madame Sommerville était parvenue, semble avoir si bien dissipé les incertitudes de quelques personnes, qu'on voit déjà s'élever sur cette prétendue découverte diverses théories concernant le magnétisme de la terre, et ses variations, tant diurnes qu'annuelles. On ne peut disconvenir que la force magnétisante du soleil ne renferme un moyen facile de les expliquer. Les travaux de Baumgartner sur le même sujet, les observations de M. Christie sur la diminution des amplitudes d'une aiguille oscillant dans les rayons solaires, qui semblent rapprocher l'action magnétique du soleil

d'une découverte récente ; enfin, un essai que M. Zantedeschi, à Pavie, vient de faire paraître, nous engagent à publier aussi les résultats des recherches que nous avons entreprises pour mettre un fait aussi important dans tout son jour.

En nous attachant à une répétition minutieuse des procédés décrits par M. Morichini et par ses successeurs, comme les plus favorables, nous avons cependant abandonné les méthodes dont ils s'étaient servis pour apprécier l'état magnétique des aiguilles, et pour en mesurer l'intensité. Des épreuves antérieures nous avaient fait connaître qu'elles étaient sujettes à des erreurs presque inévitables. La méthode la plus sûre pour juger du magnétisme d'une aiguille consiste à la faire osciller ; c'est celle que nous avons employée. Les aiguilles étaient d'acier doux ; leur masse était très-petite ; mais elles présentaient une surface considérable à l'influence de la lumière. Nous nous sommes assurés de l'état primitif de ces aiguilles quant à leur intensité magnétique, en les examinant quelque temps avant de les soumettre à l'expérience : c'est ainsi que nous avons obtenu des résultats certains et purs. Le faible magnétisme des aiguilles de fer doux ne parvient peut-être jamais à un état fixe. C'est pour cela que nous nous dispensons de donner, dans les tables suivantes, les résultats numériques obtenus avec ces sortes d'aiguilles ; il suffira de remarquer ici qu'aucune d'entr'elles, dans les diverses circonstances auxquelles nous les avons exposées, n'a acquis, par l'influence de la lumière, un degré de magnétisme certain, et qu'on n'aurait pas pu plus justement attribuer aux variations que subit cette propriété

dans le fer par toutes sortes d'influences, mêm
caniques.

Quant à la table suivante, nous ajouterons q
spectre était presque toujours dans le *minimu*
déviation, ce qui correspond à sa plus grande inte
que les aiguilles se trouvaient sur un cadre, à
4 pieds de distance du prisme; que la chambre,
beaucoup de cas, était obscurcie le moins possibl
que la lentille avait 1,2 pouces d'ouverture et 2,3 
de foyer.

| Dates. | Marques des aiguilles. | Durée d'une oscillation, avant l'exp. | après. | Temps de l'observation. | Remarqu |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 avril. | *a* | 22″,0 | 22″,0 | 10 ½ h. - 12 h. | |
| 27 | *b* | 27 ,5 | 27 ,5 | 9 ½ - 11 | |
| | *c* | 14 ,5 | 14 ,5 | 9 ½ - 11 | |
| 6 mai. | *d* | 3 ,2 | 3 ,0 | 8 ½ - 10 | |
| 14 juin. | *e* | 15 ,2 | 15 ,7 | 9 - 12 | |
| 16 | *f* | 22 ,0 | 22 ,0 | 9 ¾ - 11 ¾ | On a promené rayon violet 200 d'une moitié de l' |
| 17 | *f* | 22 ,7 | 22 ,5 | 8 ¾ - 11 ¾ | |
| 23 | *g* | 18 ,2 | 18 ,2 | 9 - 10 ¾ | |
| 1 juillet. | *f* | 23 ,0 | 23 ,7 | 9 ¼ - 12 ½ | |
| 1 | *h* | 19 ,5 | 19 ,5 | 9 ¼ - 12 ½ | |
| 11 | *f* | 22 ,4 | 22 ,2 | 8 ½ - 10 ¾ | 200 fois. |
| 11 | *i* | 27 ,7 | 22 ,5 | 8 ½ - 10 ¾ | 100 |
| 25 | *f* | 19 ,5 | 19 ,2 | 9 ¾ - 11 | 200 |
| 10 août. | *f* | 22 | 22 ,2 | 9 - 12 | 525 |
| | *k* | 20 ,2 | 20 | 9 - 12 | |
| 12 | *f* | 22 ,2 | 22 ,2 | 9 - 11 ½ | 200 |
| | *l* | 17 | 16 ,7 | 9 - 11 ½ | 100 |

Pour les expériences faites avec les aiguilles *a*, *b*, *c*, on avait fixé le spectre au moyen d'un héliostat. Par là, on se garantissait contre les ébranlemens que le mouvement du soleil et le déplacement des aiguilles rendent inévitables. Pourtant nous n'avons pas toujours fait usage de cet instrument, parce que, dans les travaux que nous voulions vérifier, on n'avait fait nulle mention de l'action de la lumière *réfléchie*. Il est bon de remarquer que l'aiguille avait été exposée 17 $\frac{1}{2}$ heures à l'action du soleil sans en devenir plus magnétique, quoique M. Morichini ne demande que 15 à 30 minutes pour une aimantation complète.

Pour nous assurer que le magnétisme ne subissait pas de changement *pendant* que les aiguilles se trouvaient dans la lumière violette, nous suspendîmes dans un petit vase de terre une aiguille fortement magnétisée, de 2 pouces de longueur, et dont le pôle-sud (c'est-à-dire qui se dirige vers le sud de la terre) oscillait devant l'aiguille à éprouver, fixée verticalement et soumise à l'influence du rayon violet que l'héliostat rendait immobile.

| Temps. | Durée de 30 oscillations, | |
|---|---|---|
| | seule. | devant l'aiguille. |
| 10 $\frac{1}{4}$ h. | 50",2 | 48",7 |
| 11 h. 5' | | 48 ,7 |
| 12 h. | 50 ,2 | 48 ,7. |

Pour répéter les expériences de M. Baumgartner (*Zeitschrift*, t. 1, p. 263), qui présentent l'action magnétique solaire sous une autre forme, nous primes des fils d'acier de 3 pouces à 3,4 de longueur et de 0,04 de diamètre, polis en différentes parties, et nous les fixâmes verticalement avant et après chaque expérience, devant le pôle boréal de la petite aiguille d'épreuve, oscillante, située dans le tube cylindrique. On pouvait amener cette dernière à diverses hauteurs des fils d'acier. Les nombres de la troisième colonne se rapportent à la longueur de ces fils, comptée de bas en haut.

| Dates. | État de la partie de l'aiguille. | Sa hauteur. | Durée de 30 oscillations, | | L'aiguille était restée exp[...] lumière directe solaire, d[...] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | avant. | après. | |
| 12 juin *a* | poli. | 0, 1 pouc. | 54",0 | 53",8 | 9 $\frac{1}{4}$ h., jusqu'à 1 $\frac{1}{4}$ |
| | oxidé. | 1,24 | 49 ,6 | 49 ,6 | |
| | poli. | 2,43 | 48 ,8 | 48 ,8 | |
| 15 juin *b* | poli. | 0,23 | 54 ,0 | 51 ,4 | 8 $\frac{3}{4}$ 12 $\frac{1}{4}$ |
| | oxidé. | 1,35 | 49 ,6 | 49 ,6 | |
| | oxidé. | 2,49 | 47 ,6 | 47 ,6 | |
| *c* | poli. | 0,25 | 53 ,6 | 53 ,6 | 9 12 $\frac{1}{4}$ |
| | oxidé. | 1,35 | 49 ,6 | 50 ,0 | |
| | poli. | 2,62 | 46 ,4 | 46 ,4 | |
| 25 juin *d* | oxidé. | 0,35 | 52 ,0 | 52 ,0 | 9 1 $\frac{1}{4}$ |
| | poli. | 1,79 | 48 ,0 | 48 ,8 | |
| | oxidé. | 2,97 | 50 ,0 | 49 ,4 | |
| 26 *e* | poli. | 0,35 | 53 ,6 | 53 ,6 | 8 $\frac{1}{2}$ 1 $\frac{1}{2}$ |
| | oxidé. | 1,72 | 48 ,8 | 49 ,2 | |
| | oxidé. | 3,03 | 46 ,4 | 46 ,4 | |

Nous n'avons depuis employé que des fils à demi polis, dont le changement d'état magnétique se fait aisément connaître par la durée d'un nombre suffisant d'oscillations.

| | Magnétisme de l'extrémité polie. | Durée d'une oscillation, avant. | après. | L'aiguille avait été exposée à la lumière de | On dirigeait sur elle le foyer d'une lentille pendant |
|---|---|---|---|---|---|
| *a* | *n* | 35,2 | 35,0 | $9\frac{1}{4}$ h. à 12 h. | 10'. |
| *b* | *n* | 20,7 | 21,0 | | 10'. |
| *c* | *s* | 28,4 | 29,0 | $8\frac{1}{4}$ à 1. | |
| *d* | *n* | 20,4 | 20,6 | $9\frac{1}{4}$ à $12\frac{1}{2}$. | 25'. |
| *e* | *n* | 26,2 | 26,0 | 9 à 1. | |
| *f* | *n* | 36,0 | 37,0 | $8\frac{1}{2}$ à $1\frac{3}{4}$. | 10'. |
| *d* | *n* | 20,0 | 20,0 | | 10'. |
| *g* | *s* | 32,6 | 32,6 | | |
| *h* | *n* | 22,8 | 22,6 | $8\frac{3}{4}$ à $1\frac{1}{2}$. | |
| *i* | *n* | 38,2 | 38,4 | $8\frac{3}{4}$ à $12\frac{1}{2}$. | |
| *k* | *n* | 32,1 | 32,0 | 8 à $11\frac{3}{4}$. | |
| *l* | *n* | 30,0 | 31,4 | 9 à $11\frac{1}{2}$. | 5'. |
| *n* | *n* | 31,7 | 32,0 | $9\frac{1}{2}$ à $11\frac{1}{2}$. | 10'. |

Pour rendre manifeste l'état des fils durant l'action solaire même, nous les fixâmes verticalement, le pôle-sud en dessous, et la moitié polie devant la petite aiguille d'épreuve. Voici une expérience faite de cette manière, le 12 août :

| Temps. | Durée de 30 oscillations, seules. | devant le fil. |
|---|---|---|
| $9\frac{3}{4}$ h. | 39",5 | 42",0 |
| 10 h. 40' | .... | 42 ,0 |
| 10 h. 50' | .... | 42 ,0 |
| 12 h. 25' | 39 ,5 | 42 ,0. |

Le savant M. Poggendorff nous a engagés à étendre nos expériences à la lumière polarisée. Nous avons,

pour cet effet, employé, tantôt un miroir noirci, incliné sous 35° 25 au rayon du soleil incident, tantôt un prisme de spath calcaire. Les observations sur cette espèce de lumière se trouvent dans notre Mémoire; nous nous contenterons de dire ici qu'elle ne s'est pas montrée plus efficace, pour produire du magnétisme, que la lumière directe.

D'après cette analyse de nos recherches, nous croyons à juste titre pouvoir rejeter totalement une découverte qui, pendant un espace de dix-sept ans, a de temps en temps troublé la science. Les petites variations qui se trouvent dans quelques-unes de nos expériences, et que nous n'avons point dissimulées, ne sauraient constituer une action réelle, de la nature de celle qui s'est présentée à MM. Morichini, Baumgartner, etc., d'une manière si évidente et si décidée. D'ailleurs ces variations ne sont pas toujours favorables à la prétendue découverte.

---

## Sur *la Putréfaction animale; remarques de* Charles Matteucci.

Tout le monde sait que les substances animales soustraites à l'influence de la vie, ne tardent pas à s'altérer, à développer des gaz fétides, enfin, à se détruire. L'air, l'eau, la chaleur sont les causes extérieures qui donnent origine à cet ordre nouveau de compositions. L'eau y contribue en ramollissant les fibres et en s'unissant aux produits de la putréfaction; la chaleur, lorsqu'elle est à un degré modéré, les sépare, et, en détruisant leur

cohésion, les disposé à des combinaisons nouvelles ; l'air enfin exerce l'influence principale et la plus marquée, en cédant une partie de son oxigène au carbone, à l'hydrogène, à l'azote des substances animales : de là l'acide carbonique, l'eau, le carbonate d'ammoniaque, l'acide acétique, qui sont les principaux produits de la fermentation animale. Les fibres animales donc souffrent cette altération, principalement à cause de l'oxigène atmosphérique qui s'y combine, et par conséquent en ôtant l'action de l'oxigène, on pourrait à cet égard empêcher la putréfaction. Maintenant il n'y a rien de plus facile que de changer les affinités des corps ; il suffit pour cela d'en changer l'état électrique. En partant de ces mêmes principes, Davy fit sa belle et utile découverte de la manière d'empêcher l'oxidation du cuivre qui double l'extérieur des vaisseaux. En considérant ainsi l'oxigène comme un corps éminemment électro-négatif, pour empêcher sa combinaison avec les fibres animales, il suffirait d'établir en elles un état électrique analogue, c'est-à-dire un état négatif. Persuadé, d'après quelques expériences de M. Bellingiri, de Turin, et d'autres, pas encore publiées, que j'avais faites moi-même, que les substances animales, lorsqu'elles sont mises en contact avec les métaux, s'établissent elles-mêmes en état électrique, je me déterminai à placer quelques morceaux de muscle sur des plaques de zinc, d'autres sur des plaques de cuivre, et j'en laissai d'autres à elles-mêmes. Je ne tardai pas plus d'un jour à m'apercevoir que la putréfaction avait déjà commencé dans les morceaux de muscle que j'avais laissés à eux-mêmes, tandis qu'aucune alté-

ration ne se manifestait dans ceux qui étaient en contact avec des métaux. Je vis après dans ceux-ci que les produits de l'altération qui eut lieu plus tard étaient différens, mais toujours en rapport avec l'état électrique qu'on y avait déterminé, c'est-à-dire avec leur affinité. Ainsi, j'observai des produits ammoniacaux et de l'hydrogène carboné dans les muscles qui étaient en contact avec le zinc; et beaucoup d'acide et d'acétate de cuivre dans ceux qui étaient en contact avec le cuivre. Ces résultats montrent assez que les muscles mis en contact avec le zinc, étant devenus électro-négatifs, et ne pouvant plus s'unir à l'oxigène, ont tardé à s'altérer; mais ont cédé enfin à l'affinité, quoique faible, de l'hydrogène et de l'azote; tandis qu'au contraire les fibres musculaires placées sur le cuivre ont dû s'unir entièrement en produits acides. On peut donc ainsi retarder la putréfaction, c'est-à-dire en éludant l'action d'un des deux élémens de l'atmosphère. J'ai obtenu aussi des résultats semblables et peut-être plus marqués en déterminant sur les fibres animales un état électrique, non par l'action électro-motrice, mais en les disposant comme conducteurs aux pôles d'une pile. Maintenant il me paraît qu'en partant de ces considérations on peut avec plus de fondement expliquer la propriété antiseptique de quelques corps, explication qui n'est pas la même pour tous. Ainsi, il y en a qui agissent en ôtant l'eau; d'autres, en formant de vraies combinaisons imputrescibles; d'autres, enfin, à mon avis, en déterminant un état électrique particulier. De ce genre est, par exemple, la propriété du charbon végétal. C'est un fait confirmé par la pratique chirurgi-

cale (1), que si l'on met du charbon végétal sur les plaies purulentes, sur les plaies putréfiées, il n'est pas long-temps sans leur ôter la mauvaise odeur et empêcher un développement ultérieur de matières fétides.

De semblables effets ne peuvent pas sans doute tenir seulement à une action de porosité, car ils cesseraient par le contact prolongé, et on peut mieux les comprendre, si l'on considère l'action du charbon comme électro-motrice, en conséquence de laquelle, en établissant sur les plaies purulentes et sur les chairs en putréfaction, des états électriques, elles perdent ces affinités en vertu desquelles elles séparaient des matières purulentes ou se détruisaient avec une putréfaction rapide.

---

## NOTE *sur une nouvelle combinaison naturelle de carbonates de chaux et de soude, autre que la Gay-Lussite* (2).

PAR M. GERMAIN BARRUEL.

CE minéral, dont la structure est laminaire, présente trois sens de clivage facile, donnant un rhomboèdre semblable à celui de la chaux carbonatée primitive, autant que j'ai pu en juger, à défaut de goniomètre, en appliquant deux cristaux de ces deux substances. Il y a des indices de clivage dans le sens de la petite diagonale.

---

(1) Sur les propriétés du charbon, voyez une brochure publiée dernièrement à Paris, par le Dr Palman.

(2) On s'est procuré ce minéral chez un marchand de minéraux, qui n'a pu en faire connaître l'origine.

La transparence est parfaite dans les fragmens qui sont nets ; l'éclat est vitreux, semblable à celui de l'arragonite. Il raye la chaux carbonatée très-fortement, l'arragonite difficilement ; les pointes aiguës de l'arragonite laissent aussi à leur tour une trace sur cette substance, mais plus faible. La poussière est blanche. Pesanteur spécifique, 2,921.

La double réfraction est la même que dans le spath d'Islande.

Se dissout en entier avec effervescence dans l'acide nitrique. Au chalumeau, chauffé sans addition, il décrépite d'abord un peu, puis brunit, et se réduit à la longue en chaux, mais plus difficilement que la chaux carbonatée pure.

Sa poussière, fondue avec le borax, s'y dissout avec effervescence. On obtient un globule laiteux, demi-diaphane, légèrement nacré, devenant opaque et terne au contact prolongé de l'air.

Pour l'analyser, je l'ai chauffé au rouge ; ce qui m'a donné une perte de 0,46 d'acide carbonique et d'eau : puis je l'ai dissous dans l'acide nitrique étendu ; filtré pour séparer la gangue non dissoute ; traité par l'ammoniaque pour séparer le fer, puis par le carbonate d'ammoniaque pour séparer la chaux, et de plus la strontiane ou la baryte que j'y supposais (et dont je vérifiai qu'il n'y avait pas de trace en convertissant le carbonate obtenu en nitrate, évaporant à siccité, puis traitant par l'alcool marquant 42° à l'aréomètre). Les eaux de filtration évaporées à siccité, puis chauffées au rouge dans le creuset de platine, me donnèrent un résidu efflorescent, quoique mon laboratoire fût humide à ce moment, qui

ne noircissait pas le platine au chalumeau, et qui, converti en nitrate, était un peu déliquescent. Ce résidu était par conséquent du carbonate de soude. Voici le résultat de l'analyse :

| | |
|---|---|
| Gangue talqueuse | 0,050 ; |
| Peroxide de fer | 0,010 ; |
| Chaux | 0,395 ; |
| Soude | 0,082 ; |
| Perte par calcination, 0,460 ; | |
| Ou en déduisant l'acide d'après les bases, | |
| Acide carbonique | 0,363 ; |
| Eau | 0,097 ; |

Ou bien,

| | |
|---|---|
| Gangue | 0,050 ; |
| Peroxide de fer | 0,010 ; |
| Carbonate de chaux | 0,700 ; |
| Carbonate de soude | 0,140 ; |
| Eau | 0,097 ; |
| | 0,997 ; |

c'est-à-dire, carbonate de chaux, 11 atomes; carbonate de soude, 2 atomes ; eau, environ 9 atomes.

Paris, 19 août 1829.

## Sur *le Précipité noir de Platine de M. Edmund Davy, et sur la propriété de l'Éponge de platine d'enflammer l'hydrogène.*

Par M. Liebig.

M. Edm. Davy, en chauffant du sulfate d'oxide de platine avec de l'alcool, a obtenu un précipité noir, ténu et tachant, tandis que la liqueur se décolorait. Ce précipité, desséché, répandait une odeur d'éther, et jouissait de la propriété remarquable de devenir rouge en l'humectant avec l'esprit-de-vin, et de continuer à rougir tant qu'il restait de l'alcool. Pendant cette combustion, l'alcool était transformé en acide acétique.

M. Edm. Davy prend ce corps pour du nitrite d'oxide de platine combiné à une substance organique; mais cette opinion ne peut être d'accord avec le mode de préparation. Selon lui, si on le chauffe, il fait d'abord entendre une espèce de sifflement; il présente une petite flamme rouge, et il se réduit en platine; il ne brûle que faiblement dans l'oxigène; et, chauffé sans l'accès de l'air, il fournit de l'oxigène, de l'acide carbonique, de l'acide nitreux et du platine; les alcalis ne l'attaquent pas, mais il se dissout lentement dans l'acide muriatique.

M. Doebereiner (*Journ. de Schweigger*, 38, 322), en examinant les rapports de cette substance avec plusieurs fluides élastiques, a remarqué qu'elle absorbe tous les gaz combustibles, mais qu'elle n'absorbe ni l'oxigène, ni l'acide carbonique. Saturée d'hydrogène et

mise en contact avec de l'oxigène, elle tend à opérer leur combinaison et à former de l'eau; tandis que, par la chaleur qui se dégage, elle devient incandescente. Il présuma que le platine métallique extrêmement divisé pouvait produire une action analogue, et c'est ainsi qu'il découvrit l'inflammation remarquable de l'hydrogène par l'éponge de platine.

On verra que cette découverte aurait dû être une conséquence nécessaire d'un examen plus approfondi du précipité noir de platine.

Doebereiner indiqua plus tard une autre méthode pour la préparation de ce corps; il l'obtint en traitant le chlorure de platine et de potassium par l'esprit-de-vin.

En outre, M. Zeise a décrit une combinaison de platine qui lui paraît particulière, et qu'on se procure en chauffant doucement dans une cornue du chlorure de platine avec douze parties d'esprit-de-vin à 0,813, jusqu'à ce que le chlorure noircisse, et que le liquide devienne clair et incolore. Il se produit de l'éther hydrochlorique, et le liquide s'acidifie. Le précipité, bien lavé et séché, s'enflamme à une température élevée, même sans l'accès de l'air; il y a une faible détonation, et il se dégage de l'acide carbonique, de l'oxigène et de l'eau acidulée par de l'acide acétique. Cette substance se comporte de la même manière avec la vapeur d'alcool, mais elle ne s'enflamme pas dans le pétrole ni dans l'essence de térébenthine.

Les propriétés analogues de ces trois substances donnent lieu de conclure, même sans expériences préalables, qu'elles renferment toutes un même corps, combiné ou

mêlé avec d'autres matières qui tendent à modifier plus ou moins ses propriétés.

J'ai examiné ce corps préparé d'après les trois méthodes indiquées, et j'ai trouvé qu'aucune d'elles ne le donne parfaitement pur. Si on le prépare à la manière de M. Davy, il contient de l'acide nitreux qui pourtant est indépendant de sa composition; car, en le faisant bouillir à plusieurs reprises avec de la potasse caustique et de l'eau, puis le séchant complètement, on n'a plus une trace d'acide nitreux sans toutefois que les autres propriétés de ce corps soient changées par l'action de la potasse. En faisant passer sur le produit de M. Zeise ou celui de M. Doebereiner un courant de gaz hydrogène, il se forme de l'acide hydrochlorique, preuve que ces produits retenaient des chlorures. Jamais je n'ai obtenu en même temps de la vapeur d'eau; ce qui rend très-problématique la présence de l'oxigène.

On peut obtenir ce corps privé de toute matière étrangère par le procédé suivant.

On se procure du chlorure de platine en chauffant fortement et pendant long-temps le chloride du même métal, et on traite ce chlorure, qui présente une couleur jaune verdâtre, par une dissolution concentrée de potasse. Il se dissout parfaitement à l'aide de la chaleur, et donne une liqueur noire et peu transparente, dans laquelle, après l'avoir retirée du feu, on introduit peu à peu de l'esprit-de-vin, en remuant chaque fois. Il se produit en peu de temps une effervescence tellement vive, qu'il faut prendre un vase assez grand, afin de ne rien perdre; il se dégage beaucoup d'acide carbonique, et il se précipite une poudre très-lourde et d'un noir de

velours, qu'on doit faire bouillir successivement avec un peu d'alcool, d'acide hydrochlorique, de potasse, et, en dernier lieu, quatre à cinq fois avec de l'eau; puis on lave, et on sèche dans une capsule de porcelaine sans mettre la substance en contact avec un filtre ou une autre matière organique.

Cette poudre noire est grenue et dure, elle n'a pas la moindre odeur éthérée; chauffée dans l'air ou dans l'oxigène, elle ne s'enflamme pas; traitée par le gaz hydrogène, il ne se forme point d'eau; fortement calcinée dans l'air, elle ne perd pas de son poids. La potasse et l'acide hydrochlorique ne l'altèrent nullement. Elle se dissout facilement dans l'eau régale à l'aide de la chaleur, et présente une liqueur limpide, qui ne contient rien que du chloride de platine; humectée avec un peu d'esprit-de-vin, elle ne produit pas d'effervescence, mais elle commence aussitôt à rougir vivement, et reste incandescente tant qu'il y a de l'esprit-de-vin, qui se convertit en acide acétique. En l'introduisant dans une cloche remplie d'oxigène et fermée sur le mercure, et en l'humectant avec de l'alcool, le mercure ne tarde pas à monter; il se forme de l'acide acétique sans la moindre trace d'acide carbonique, et au bout de huit à quinze jours l'oxigène est absorbé complètement. Avec l'acide acétique, il se forme de l'éther acétique.

Si l'on fait passer sur ce corps, dans l'air, un courant d'hydrogène, le gaz s'enflamme instantanément.

En le pressant ou le frottant entre du bois et une pierre, il prend un éclat métallique blanc; sa densité, déterminée avec une balance très-exacte, est,

[redacted]



d'après trois expériences différentes, de 17,572; 15,780: 16,319.

D'après ces propriétés, cette poudre noire n'est autre chose que du platine métallique extrêmement divisé, qui se comporte comme de l'éponge de platine; ou plutôt cette dernière en possède les propriétés, mais à un degré beaucoup moins intense.

Je dois encore ajouter que le platine métallique, précipité par le zinc d'une dissolution acide de chloride, est doué absolument des mêmes propriétés. Il présente une poudre noire; il devient incandescent si on l'humecte faiblement avec de l'esprit-de-vin; et, si l'on emploie une plus grande quantité de ce dernier, il continue à se convertir en acide acétique, quoiqu'il n'y ait plus incandescence.

Le platine qu'on précipite par le zinc d'une dissolution plus neutre de chloride, se présente, comme on le sait, sous la forme d'une croûte grise et compacte, qui ne jouit plus des propriétés indiquées ci-dessus; l'éponge de platine est susceptible de les acquérir à une température élevée; car, si l'on réduit le chlorure de platine et d'ammoniaque à une chaleur rouge peu intense, de sorte que l'éponge de platine se présente en poudre très-fine et peu adhérente; puis qu'on la chauffe jusqu'à la température de l'eau bouillante, et qu'on l'humecte avec de l'esprit-de-vin ordinaire, elle rougit instantanément, et l'alcool se convertit en acide acétique. Il est connu depuis long-temps qu'un fil de platine rouge exerce la même action sur la vapeur de l'alcool.

Plusieurs fois, au moyen du zinc, j'ai obtenu de la

dissolution de chloride de platine une poudre grise, qui ne rougissait pas au contact de l'esprit-de-vin, et qui ne produisait point d'acide acétique. Pourtant l'esprit-de-vin se décomposait, et il y avait des produits que je ne pus comparer avec les combinaisons connues. Cette poudre grise, humectée avec l'alcool, ayant été mise dans une cloche de verre, l'odeur de l'esprit-de-vin disparut complètement au bout de quelques heures, et la cloche renfermait un gaz qui interrompait la respiration, et qui n'était point de l'acide carbonique.

Si la même cloche, remplie d'oxigène et fermée sur le mercure, est munie d'un tube qui plonge dans l'eau, et si l'on introduit avec la poudre grise de platine humectée d'esprit-de-vin une dissolution de potasse caustique, de sorte qu'elle ne touche pas la poudre, on voit bientôt monter l'eau dans le tube, preuve qu'il y a absorption de l'oxigène; la solution alcaline se colore en jaune, et laisse déposer un précipité jaune qui ne renferme point de platine.

Qu'on fasse nager sur une dissolution de potasse un morceau de verre qui contienne la poudre grise avec l'alcool, et qu'on couvre l'éprouvette d'un entonnoir renversé, par l'ouverture supérieure duquel l'air trouve un accès libre, on verra la potasse prendre, au bout de quelques jours, cette couleur jaune particulière, qui augmente sensiblement, jusqu'à ce qu'enfin il se forme un précipité qui croît aussi continuellement. Le liquide prend une odeur particulière désagréable, qui devient plus forte en ajoutant de l'acide hydrochlorique. En versant cet acide, on ne remarque pas d'effervescence.

Le précipité noir de platine, mis dans les mêmes circonstances, donne naissance à la même matière jaune particulière.

Le noir de platine (car c'est ce nom-là que, pour éviter des périphrases, je veux donner au platine métallique précipité par l'esprit-de-vin de la dissolution du chlorure dans la potasse) jouit au plus haut degré de la propriété d'absorber et de retenir une multitude de gaz.

Si l'on néglige de le bien faire bouillir avec de l'eau, ou si, avant de le sécher, on l'humecte avec de l'esprit-de-vin, celui-ci ne peut plus être chassé entièrement, même sous la machine pneumatique. Dans cet état, si on l'expose à la température de l'eau bouillante, il commence à rougir tout-à-coup, de sorte qu'il brûle le papier sur lequel il est placé. J'ai même vu du noir de platine, qui retenait encore de l'alcool et qu'on venait de sécher dans une capsule de porcelaine encore chaude, s'enflammer subitement lorsqu'on le remuait avec une baguette de verre, et qu'on le mettait ainsi en contact avec beaucoup d'air à la fois. Jamais ces phénomènes n'arrivent si, par des lavages réitérés, le noir de platine a été complètement dépouillé de l'alcool adhérent. Cependant, quoique entièrement privé d'alcool, après l'avoir séché dans la machine pneumatique à l'aide de l'acide sulfurique, lorsqu'on le met subitement en contact avec l'air, il s'échauffe tellement par l'absorption et la condensation de celui-ci, qu'il devient rouge et qu'il brûle le papier dans lequel on l'enveloppe.

Le noir de platine que j'ai décrit, ainsi que celui de M. Zeize, qui contient encore du chlorure, enflamme

facilement l'éther. Pour produire cet effet, il faut broyer le noir de platine avec le doigt dans une capsule de porcelaine, après l'avoir mêlé avec un peu d'eau, puis le sécher entièrement et l'humecter avec de l'éther. Il ne rougit pas aussitôt, car l'évaporation rapide d'une partie de l'éther empêche l'accumulation de chaleur nécessaire pour cet effet; mais si l'on verse sur la poudre encore humide une certaine quantité de noir de platine sec, de sorte que ce dernier n'agisse, pour ainsi dire, que sur la vapeur d'éther qui environne la partie humectée, il devient rouge instantanément et l'éther s'enflamme.

Je ne crois pas que la présence de matières étrangères dans les produits de MM. Davy, Doebereiner et Zeize, modifie les propriétés de ce corps, si ce n'est qu'elles y sont encore plus marquées à cause de la division plus grande du platine qu'exige le mélange d'une certaine quantité de substances étrangères.

La dissolution du chlorure de platine dans la potasse ayant été mêlée avec une quantité notable de nitrate de cuivre, il se forma, par l'ébullition avec de l'esprit-de-vin, un précipité qui renfermait au moins deux fois plus d'oxide de cuivre que de platine. Mais pourtant la propriété de rougir avec l'alcool existait toujours.

J'avais essayé d'abord d'obtenir le noir de platine en chauffant ensemble l'oxidule et l'esprit-de-vin, et j'avais préparé pour cela de l'oxidule de platine d'après les méthodes connues.

On sait qu'en traitant le chlorure de platine par une petite quantité de solution alcaline, on obtient un précipité noir volumineux, qui, soigneusement lavé et

traité par l'esprit-de-vin bouillant, à l'état sec ou humide, donne aussi un précipité noir de platine. Mais toujours il y a en même temps formation d'éther hydrochlorique, ce qui indique la présence d'un chlorure. Je n'ai pu séparer ce chlorure de l'oxidule, car une quantité de potasse caustique plus considérable qu'il ne faut pour former le précipité volumineux dissout le chlorure, et le convertit en une liqueur noire dont la couleur ne provient ni du métal bien divisé, ni du protoxide.

Si l'on veut conclure de ces faits que le protoxide de platine à l'état de pureté parfaite n'est pas encore connu, cette opinion a contre elle les expériences d'un observateur trop exact pour qu'on puisse la trouver vraisemblable; cependant les expériences suivantes peuvent démontrer qu'il doit exister un degré d'oxidation du platine, qui jusqu'ici a échappé à l'observation.

Si l'on mêle une solution neutre de chloride de platine avec du sulfite d'ammoniaque, et puis avec de l'ammoniaque pure, il se forme un précipité blanc et épais, qui, à l'aide de la chaleur, se convertit en un liquide incolore qui ne se trouble pas par le refroidissement. Ajoutant à ce précipité une nouvelle quantité de chloride de platine, il disparaît et donne naissance à un précipité vert de chlorure de platine.

La dissolution du chloride de platine se décolore complètement par l'action du sulfite de potasse, sans que rien ne se dépose; ce liquide renferme de l'acide sulfurique, et il finit par reprendre à l'air sa couleur jaune. Il n'est précipité ni par l'ébullition avec de la potasse en excès, ni par des sels d'ammoniaque.

Après avoir constaté, ce me semble, que les propriétés dont jouissent les substances particulières de MM. Davy, Zeize et Doebereiner appartiennent au platine métallique extrêmement divisé, on trouvera aisément la cause qui peut déterminer l'hydrogène, ainsi que l'alcool, à se combiner avec l'oxigène, lors de leur contact avec l'éponge ou le noir de platine.

Le noir de platine a la propriété d'absorber une foule de gaz ; on lui remarque une analogie surprenante avec le charbon de bois calciné, avec la seule différence que le platine possède cette propriété à un degré beaucoup plus considérable.

Selon M. Doebereiner, 100 grains de noir de platine absorbent jusqu'à 20 pouces cubes de gaz hydrogène ; admettons que 5 se sont portés sur l'oxigène absorbé par le noir de platine en même temps que l'air, et qu'ils ont formé de l'eau, et calculons le volume des 15 pouces cubes qui restent par rapport au volume du noir de platine ; prenons 16 comme densité moyenne de ce dernier, nous aurons le volume immense de 745 pouces cubes d'hydrogène, condensé par un pouce cube de noir de platine. Je crois que cela suffit, pour expliquer la propriété paradoxale de l'éponge et du noir de platine, de déterminer la combustion de l'hydrogène et de l'esprit-de-vin.

L'inflammation de l'hydrogène ainsi condensé par l'action du noir ou de l'éponge de platine ne peut guère surprendre, si l'on considère une action analogue du fer. L'affinité de ce métal pour l'oxigène peut être augmentée à un si haut degré, qu'il s'enflamme à la température ordinaire, lorsqu'on le lui présente à l'état de

division extrême, comme on l'obtient par la réduction de ses oxides à l'aide de l'hydrogène.

En effet, cette ignition du fer ainsi divisé provient de l'absorption de l'air, mais particulièrement de la chaleur produite par la condensation de l'oxigène. La combinaison de ces deux corps est favorisée, dans ce cas, par un nombre immense de points de contact, et elle s'effectue alors en un instant dans toute la masse. Il se dégage de même de la chaleur dans le noir et l'éponge de platine par la seule condensation de l'hydrogène; mais tous deux renferment déjà de l'air atmosphérique, dont l'oxigène, mis en contact avec l'hydrogène, se trouve ainsi condensé par une pression au moins aussi forte que celle qu'on emploie pour enflammer le mélange détonant dans une machine à compression; il en résulte la combinaison de ces deux gaz, l'ignition du platine et l'inflammation du gaz hydrogène.

Ce qui prouve qu'une partie de l'air contenu dans l'éponge de platine doit en être chassée, c'est que l'inflammation du gaz hydrogène dans le briquet s'opère beaucoup plus vite et avec une moindre dépense de gaz quand on le fait passer sur l'éponge par secousses et à de très-petits intervalles de temps. On peut facilement apprécier la grande quantité d'air atmosphérique contenu dans l'éponge de platine, en la chauffant dans une cornue remplie d'eau préalablement bouillie. L'éponge de platine perd quelquefois sa propriété d'enflammer le gaz hydrogène, et le noir de platine, après avoir été humecté d'alcool et qu'il a rougi quelque temps, ne devient plus rouge lorsqu'après le refroidissement on ajoute de nouveau de l'esprit-de-vin; ce dernier phénomène dépend

de ce que le noir de platine, étant rougi, acquiert l'état de l'éponge en perdant les propriétés qui lui sont particulières dans son plus grand état de division. Le premier provient en partie de la même cause; l'éponge devenant plus dense et moins poreuse par la chaleur à laquelle elle a été continuellement exposée : ou bien il provient des corps étrangers obstruant ses pores, ou de ce que l'air atmosphérique contenu dans l'éponge est privé de son oxigène. La méthode dont on se sert pour rendre à l'éponge ses propriétés primitives en la faisant bouillir avec de l'acide nitrique, n'a d'autre but que d'expulser et de remplacer cet air; on obtient le même effet en faisant bouillir l'éponge avec de l'eau seulement.

Les propriétés du platine étant réduites à un phénomène général, appartenant à tous les corps poreux, laissent cependant à expliquer les rapports qui existent, comme il paraît, entre le platine et les gaz inflammables, condensés par le noir de platine en bien plus grande quantité que l'acide carbonique, comme l'a observé M. Dobereiner.

La forme et la dimension des molécules des gaz sont sans doute une des causes d'où dépend leur absorption; je rappelle ici cette propriété du gaz hydrogène de s'échapper par les fentes d'une cloche de verre plongeant dans du mercure, de telle sorte que le mercure y monte de 2 - 3 pouces, contre la loi de la pesanteur, propriété qui n'est partagée par aucun autre gaz. Le charbon absorbe et condense les gaz hydrogènes en très-petite quantité ; cela provient sans doute du peu d'adhésion que ces deux corps ont entre eux, et on sait parfaitement que le bois sec en absorbe plus que le char-

bon lui-même. M. Schmidt, dans son traité de Physique, a donné, pag. 353, l'explication suivante, qui, toute vraisemblable qu'elle paraisse au premier abord, ne satisfait plus du tout, quand on considère attentivement les phénomènes décrits.

Le platine occupe parmi les corps électro-négatifs une des premières places, de même que l'hydrogène parmi les corps électro-positifs. Cet état électrique suppose déjà un certain rapport réciproque entre ces deux corps. Les expériences de M. Bequerel prouvent, en outre, que la tension de l'électricité, devenant libre dans les actions chimiques, est extrêmement petite. Il n'est donc pas surprenant qu'on ne réussisse pas à démontrer des traces d'électricité qui se développent par le contact de l'hydrogène et du platine.

L'attraction électrique combinée avec la force d'adhésion étant augmentée par la forme poreuse du platine, qui présente un grand nombre de surfaces, on conçoit comment, par la chaleur dégagée, l'action de ces deux gaz est augmentée à un tel degré, qu'ils se combinent et laissent échapper leur calorique latent.

Cette théorie serait sans réplique si elle n'était pas en contradiction avec les propriétés du charbon, qui absorbe des quantités égales de gaz ammoniaque et de gaz hydrochlorique, dont l'état électrique est pourtant tout-à-fait opposé. L'état électrique ne peut pas être, d'après cela, la cause de cette propriété, et il n'est pas plus vraisemblable qu'il le soit pour le platine et l'hydrogène. On sait, en outre, pour rendre l'analogie entre le charbon et le platine plus complète, que du charbon saturé d'hydrogène sulfuré et d'oxigène, détermine une décompo-

sition du premier de manière qu'il se forme de l'eau et qu'il se dépose du soufre.

La coopération de l'électricité est encore moins vraisemblable quand on considère que non-seulement le platine, mais encore d'autres métaux, du verre, de la porcelaine pilée, possèdent la propriété de déterminer la combinaison du gaz hydrogène, quoiqu'à une température plus élevée : l'ignition du noir de platine, arrosé avec de l'alcool, paraît être un phénomène différent de l'inflammation du gaz hydrogène par l'éponge de platine ; mais, en observant plus attentivement, on trouve que les parties du noir de platine qui ne sont pas humectées de liquide, rougissent seules. L'action du noir de platine ne s'étend par conséquent que sur la vapeur d'alcool, dont il doit absorber une quantité beaucoup plus grande que des gaz permanens, en supposant son action analogue à celle du charbon.

Ce qui confirme cette conclusion, c'est qu'en faisant passer de la vapeur d'alcool sur le noir de platine, il rougit instantanément, et il arrive souvent que la vapeur s'enflamme ; l'éponge de platine possède la même propriété, mais il faut la chauffer préalablement de 50 à 60°.

En humectant toutes les parties du noir de platine, il ne devient pas rouge ; cependant l'oxidation de l'alcool et sa transformation en acide acétique n'est pas supprimée pour cela ; on peut la rendre bien sensible en couvrant la capsule qui contient le noir arrosé d'alcool avec une cloche dans laquelle l'acide acétique se condense ; cette transformation continue à l'air aussi long temps qu'il reste de l'alcool. Cette oxidation dé-

pend de deux conditions : le noir de platine ne doit contenir que la quantité d'alcool nécessaire pour l'humecter de manière que l'air ait l'accès libre ; le changement de l'air autour du noir de platine doit être facilité autant que possible. La capsule doit avoir des bords peu élevés. La formation de l'acide acétique cesse tout-à-fait dans un vase à bords très-hauts.

On voit donc par là que l'oxidation lente de l'alcool se fonde principalement sur la propriété du noir de platine d'absorber l'oxigène de l'air, et sur le grand état de division dans lequel l'alcool lui est présenté.

---

## Lettre *de M. Pelletier à M. Gay-Lussac sur un nouvel Alcaloïde.*

Monsieur,

Je me proposais de vous remettre, pour publier dans vos excellentes Annales, l'analyse d'une écorce qu'au Pérou même l'on mélange avec le quinquina cassaya, par fraude, puisqu'elle ne paraît pas en avoir les propriétés médicinales : cette fraude est d'autant plus à signaler que cette écorce a entièrement l'aspect du quinquina, et possède une saveur presque analogue. Mais cette analyse n'est pas encore terminée ; elle n'offrira même d'intérêt que lorsque je pourrai séparer l'espèce botanique qui fournit l'écorce qui en est l'objet ; et cependant il est important de répandre la connaissance d'un fait qui intéresse toutes les personnes qui sont à même de se procurer du quinquina, soit pour

[redacted]



l'employer en nature, soit pour en préparer du sulfate de quinine. Dans cette vue, je me permets de vous adresser un extrait de la Notice que j'ai lue à l'Académie royale de médecine, et qui contient le précis des recherches que j'ai faites sur cette écorce et son alcaloïde, conjointement avec M. Coréal, pharmacien, contre-maître de ma fabrique de produits chimiques. En ce qui concerne l'écorce mûre, le meilleur moyen de la distinguer est de la toucher avec de l'acide nitrique concentré; elle devient d'un vert foncé. Le quinquina cassaya, par la même épreuve, devient d'un rouge-brun. Nous donnerons plus tard l'explication de ce caractère.

Nous avons dit que l'écorce qui nous occupe contient un nouvel alcaloïde : pour obtenir cette substance, il faut traiter l'écorce qui la recèle comme si l'on agissait sur du quinquina gris pour en obtenir la cinchonine. Ce premier fait et la ressemblance qui se trouve entre ces deux substances nous avaient déjà fait penser que c'était de la cinchonine que nous avions obtenue; mais un examen plus approfondi nous a démontré que nous avions obtenu une matière totalement différente. Comme la cinchonine, elle est blanche, transparente, cristalline; mais elle ne se volatilise pas comme la cinchonine, lorsque, après l'avoir fondue par le calorique, on augmente la température.

Elle est soluble dans l'alcool et l'éther, mais absolument insoluble dans l'eau; aussi paraît-elle d'abord sans saveur; cependant au bout de quelque temps elle laisse dans la bouche une impression de chaleur, mêlée

d'amertume et d'astriction. Les acides développent sa saveur.

C'est en la combinant aux acides qu'on peut surtout la distinguer de la cinchonine. Avec l'acide sulfurique, on sait que la cinchonine forme un sel qui cristallise en prismes rhomboïdaux. Le nouvel alcaloïde se combine aussi avec l'acide sulfurique ; mais cette combinaison n'est point cristallisable par solution aqueuse. Lorsqu'on la dissout en proportion convenable dans l'eau bouillante, la solution se prend par le refroidissement en gelée blanche tremblotante, semblable à ce que l'on nomme *blanc-manger* (solution d'ichtyocole dans un lait d'amande). La masse gélatineuse, desséchée, prend un aspect corné ; reprise par l'eau bouillante, elle redevient gélatineuse.

Cette combinaison, dissoute dans l'alcool bouillant, ne se prend plus en gelée par refroidissement, mais cristallise en aiguilles soyeuses qui ressemblent beaucoup au sulfate de quinine. Ces cristaux constituent une combinaison définie entre la nouvelle substance et l'acide sulfurique ; combinaison bien distincte de la matière alcaline elle-même. En effet, les cristaux alcaloïdes sont insolubles dans l'eau ; les cristaux salins s'y dissolvent, surtout à chaud, et se prennent en gelée par le refroidissement. Les cristaux alcalins sont solubles dans l'éther ; les cristaux salins ne le sont pas : l'action de l'acide nitrique sur notre nouvelle matière est des plus caractéristiques. Si l'acide est concentré, il se manifeste une couleur verte des plus intenses ; si l'acide est étendu d'eau, il y a dissolution de la matière sans coloration. Dans le premier cas, la matière

est altérée dans sa constitution ; dans le second, il y a simplement combinaison entre l'alcaloïde et l'acide, combinaison que l'on peut détruire par une base salifiable plus puissante.

Dans un Mémoire sur cette matière, je donnerai l'analyse de l'écorce qui la fournit ; je l'examinerai elle-même d'une manière plus approfondie, et j'en présenterai l'analyse élémentaire.

---

## Examen *chimique d'un cerveau ossifié.*

Par M. Charles Matteucci.

Il n'est pas extraordinaire de trouver dans le cerveau des cadavres humains la glande pinéale presque entièrement ossifiée. On a même des exemples de cerveaux non humains tout-à-fait ossifiés ; mais la concrétion d'un cerveau qui a tous les caractères distinctifs de l'espèce humaine soit par sa structure, soit par la localité où on l'a trouvé (1), est un fait certainement unique. C'est par cette raison qu'ayant jugé important d'en connaître la composition, j'ai examiné la petite quantité que j'ai pu me procurer de la personne qui le gardait précieusement.

Cette substance, soumise à l'action de la chaleur sur une plaque métallique, ne tarda point à se décomposer, à répandre une odeur ammoniacale, et à se convertir

---

(1) Le cerveau ossifié que j'ai analysé était dans un ancien cabinet d'anatomie humaine.

en un charbon volumineux, difficilement réductible en cendre, sans doute par le phosphate de chaux qui s'y trouvait combiné. L'alcool bouillant en dissolvit une grande partie ; mais il n'y eut aucun dépôt par le refroidissement ; l'action de l'eau produisit le même effet. On y versa de l'acide hydro-chlorique, et il s'en dissolvit une grande partie avec une légère effervescence. L'ammoniaque, versée sur la solution hydrochlorique, forma un précipité abondant de phosphate de chaux. La liqueur, filtrée et traitée par l'acide oxalique, on vit tout de suite se former un précipité d'oxalate de chaux, ce que nous explique le phénomène de l'effervescence due à la présence du carbonate de chaux. La substance animale qui resta après l'action de l'acide hydro-chlorique, et qui constituait plus que la moitié de la substance analysée, était changée en une masse molle et très-soluble dans l'eau et dans l'alcool, et on pouvait aisément troubler cette solution avec la noix de galle et l'acétate de plomb. Frappé de ces caractères, tout me portait à juger cette substance analogue à l'*osmazome*, d'autant plus que l'osmazome existe dans la matière cérébrale. (Vauquelin.)

Ce cerveau ossifié renfermait donc du carbonate de chaux en petite quantité, et du phosphate de chaux en plus grande quantité ; mais la masse principale consistait en substance animale analogue à l'osmazome.

La composition des concrétions qui existent dans la glande pinéale est de la même nature. (Fourcroy.)

## Réduction *du nitrate d'argent.*

En 1826, M. Charles de Filière eut occasion de faire préparer, par un de ses élèves, une assez grande quantité de nitrate d'argent. Il plaça les plus beaux cristaux dans un papier non collé, qui fut jeté négligemment dans un carton, et par conséquent privé de tout contact avec les corps en suspension dans l'air atmosphérique.

Ayant retrouvé, au commencement du mois de novembre, ce paquet dont l'enveloppe en papier avait pris, comme d'ordinaire, une teinte de violet foncé, il fut surpris de reconnaître que ces beaux cristaux, sans avoir perdu leur forme, n'étaient plus pourtant que des lames d'argent métallique et très-malléable.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | MIDI Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 3 HEURES DU SOIR Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 9 HEURES DU SOIR Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | THERMOMÈTRE maxim. | minim. | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 760,14 | + 1,2 | 76 | 760,84 | + 6,5 | 69 | 760,80 | + 7,2 | 64 | 762,55 | + 4,5 | 76 | + 7,2 | + 0,2 | Eclaircies. | N. fort. |
| 2 | 761,46 | + 3,4 | 75 | 761,07 | + 8,0 | 67 | 761,85 | + 9,3 | 63 | 764,08 | + 6,1 | 70 | + 9,3 | + 0,0 | Très nuageux. | O. |
| 3 | 764,50 | + 6,7 | 81 | 764,05 | +11,1 | 59 | 763,30 | + 9,2 | 59 | 762,76 | + 2,5 | 60 | +11,2 | + 0,5 | Quelques éclaircies. | S. O. |
| 4 | 757,70 | + 3,9 | 85 | 760,47 | + 9,3 | 70 | 753,50 | +10,3 | 60 | 753,00 | + 9,8 | 90 | +11,5 | + 0,5 | Couvert. | S. |
| 5 | 756,40 | + 9,5 | 86 | 758,10 | +10,5 | 68 | 758,44 | +11,0 | 58 | 761,42 | + 4,0 | 62 | +11,0 | + 2,5 | Nuageux. | N. O. |
| 6 | 759,85 | + 4,3 | 85 | 757,06 | + 9,3 | 81 | 757,65 | + 9,5 | 60 | 756,88 | + 3,0 | 80 | +10,8 | + 1,3 | Nuages. | S. O. |
| 7 | 754,00 | + 7,2 | 78 | 755,70 | +10,5 | 64 | 754,92 | +11,7 | 64 | 755,00 | + 7,4 | 83 | +11,7 | + 4,7 | Très-nuageux | S. O. |
| 8 | 759,16 | + 4,3 | 85 | 759,18 | + 8,0 | 68 | 759,06 | + 9,0 | 67 | 759,74 | + 4,7 | 90 | + 9,0 | + 1,5 | Quelq. pet. nuages. | O |
| 9 | 760,27 | + 6,0 | 84 | 760,31 | + 8,7 | 80 | 760,14 | + 9,7 | 80 | 760,81 | + 7,4 | 85 | + 9,7 | + 3,7 | Quelq. petit. éclairc. | O. S. O. |
| 10 | 760,91 | + 6,8 | 88 | 759,98 | +11,0 | 71 | 758,18 | +11,3 | 65 | 756,76 | + 7,5 | 75 | +11,3 | + 6,0 | Quelques pet. éclairc. | S. O. |
| 11 | [illegible] | + 9,7 | 86 | 758,00 | +11,7 | 83 | 758,13 | +12,6 | 80 | 759,12 | +10,0 | 89 | +13,2 | + 8,5 | Couvert | O. S. O. |
| 12 | 758,00 | +11,5 | 88 | 757,82 | +13,8 | 83 | 756,96 | +13,5 | 82 | 755,71 | +11,8 | 85 | +13,9 | +10,6 | Couvert. | O. S. O. |
| 13 | 756,[illegible] | +12,5 | 85 | 757,16 | +14,5 | 81 | 757,47 | +13,2 | 83 | 760,26 | + 6,2 | 89 | +14,5 | + 6,2 | Couvert. | N. O. |
| 14 | 761,67 | + 3,8 | 82 | 761,13 | + 5,0 | 70 | 760,77 | + 5,2 | 73 | 760,64 | + 4,8 | 82 | + 5,3 | + 3,8 | Couvert. | E. |
| 15 | [illegible] | [illegible] | 88 | 755,00 | +10,5 | 85 | 754,00 | +10,5 | 67 | 752,14 | + 8,0 | 88 | +10,5 | + 6,0 | Pluie fine. | S. O. |
| 16 | 758,16 | + 4,0 | 80 | 758,43 | + 5,8 | 68 | 759,42 | + 5,0 | 64 | 761,40 | + 1,1 | 80 | + 5,8 | + 0,5 | Eclaircies. | N. très-fort. |
| 17 | 764,80 | + 0,7 | 79 | 764,28 | + 1,7 | 59 | 763,40 | + 2,0 | 58 | 761,91 | + 0,0 | 68 | + 2,0 | — 1,5 | Nuages. | N. très-fort. |
| 18 | 766,08 | — 2,3 | 80 | 766,07 | — 0,3 | 74 | 765,84 | + 0,5 | 61 | 766,58 | — 2,3 | 78 | + 0,5 | — 3,3 | Nuageux. | N. |
| 19 | 768,30 | — 3,7 | 80 | 767,64 | + 0,5 | 69 | 766,72 | + 1,2 | 62 | 766,85 | — 0,5 | 70 | + 1,2 | — 4,7 | Beau. | N. E. |
| 20 | 765,77 | — 2,3 | 85 | 765,28 | + 4,5 | 82 | 764,75 | + 4,5 | 83 | 766,17 | + 1,1 | 90 | + 4,5 | — 0,3 | Couvert, brouillard. | N |
| 21 | 765,34 | — 0,7 | 83 | 764,70 | + 1,2 | 74 | 763,55 | + 1,7 | 63 | 762,64 | — 2,7 | 80 | + 1,7 | — 3,7 | Superbe. | S. E. |
| 22 | 755,13 | — 2,8 | 81 | 751,83 | + 2,3 | 75 | 747,40 | + 4,8 | 74 | 745,60 | + 3,1 | 82 | + 4,8 | — 5,3 | Couvert. | S. O. |
| 23 | 745,12 | + 2,5 | 86 | 744,84 | + 4,0 | 85 | 744,63 | + 5,6 | 85 | 746,07 | + 2,5 | 88 | + 5,6 | + 1,2 | Eclaircies. | S. S. E. |
| 24 | 742,76 | + 0,5 | 90 | 741,30 | + 0,5 | 90 | 743,97 | + 0,4 | 90 | 741,36 | — 0,8 | 90 | + 2,0 | — 0,8 | Neige. | N. |
| 25 | 747,62 | — 0,1 | 87 | 748,68 | + 2,0 | 85 | 749,38 | + 3,5 | 83 | 751,53 | + 1,3 | 84 | + 3,5 | — 0,8 | Petites éclaircies | S. E. |
| 26 | 752,60 | + 4,5 | 89 | 753,10 | + 7,3 | 87 | 752,98 | + 8,5 | 85 | 753,55 | + 3,8 | 88 | + 8,8 | + 2,2 | Eclaircies. | E. |
| 27 | 751,00 | + 4,2 | 88 | 750,40 | + 7,5 | 87 | 749,33 | + 7,5 | 89 | 749,40 | + 7,1 | 90 | + 7,5 | + 3,2 | Couvert. | E. |
| 28 | 748,87 | + 7,3 | 90 | 749,45 | + 6,8 | 89 | 749,80 | + 6,3 | 89 | 755,30 | + 5,3 | 90 | + 7,5 | + 5,5 | Couvert. brouillard | N. O. |
| 29 | 753,70 | + 6,7 | 88 | 753,45 | + 6,7 | 86 | 752,78 | + 6,8 | 79 | 752,60 | + 5,5 | 80 | + 6,9 | + 4,7 | Couvert. | N. |
| 30 | 752,62 | + 4,0 | 84 | 752,42 | + 5,4 | 82 | 751,86 | + 5,8 | 82 | 751,94 | + 4,8 | 86 | + 5,8 | + 3,5 | Couvert. | E. |
| 1 | 759,94 | + 5,5 | 83 | 759,78 | + 9,3 | 70 | 759,04 | + 9,8 | 64 | 759,52 | + 5,7 | 81 | +10,3 | + 2,1 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie en cent. |
| 2 | 761,47 | + 4,6 | 84 | 761,22 | + 6,8 | 76 | 760,75 | + 6,8 | 74 | 761,59 | + 4,1 | 82 | + 7,1 | + 2,6 | Moyenn. du 11 au 20 | Cour, 2,50 |
| 3 | 751,49 | + 2,5 | 87 | 751,02 | + 4,4 | 84 | 750,27 | + 5,1 | 82 | 750,70 | + 3,1 | 86 | + 5,4 | + 1,0 | Moyenn. du 21 au 30. | Terrasse, 2,30 |
| | 757,63 | + 4,2 | 85 | 757,34 | + 6,8 | 76 | 756,65 | + 7,2 | 74 | 757,27 | + 4,3 | 83 | + 7,6 | + 1,9 | Moyennes du mois, + 4,7. | |

**Résumé** *des Observations météorologiques faites à l'Observatoire royal de Paris en* 1829.

---

**Tableau** *de la marche moyenne du thermomètre centigrade et de l'hygromètre de* Saussure.

| Noms des mois. | Température moyenne. | Température moyenne à 9 heures du matin. | Température moyenne des caves. | État moyen de l'hygrom. de Saussure à 3 heures après midi. |
|---|---|---|---|---|
| Janvier. | — 2°,0 | — 2°,6 | 12°,212 | 82° |
| Février. | + 2,7 | + 2,6 | 12,218 | 78 |
| Mars. | + 5,7 | + 5,6 | 12,213 | 65 |
| Avril. | + 9,8 | + 11,1 | 12,212 | 62 |
| Mai. | + 14,9 | + 16,4 | 12,225 | 55 |
| Juin. | + 17,1 | + 19,1 | 12,223 | 57 |
| Juillet. | + 18,6 | + 19,3 | 12,225 | 65 |
| Août. | + 17,0 | + 18,3 | 12,257 | 64 |
| Septemb. | + 13,7 | + 15,0 | 12,225 | 70 |
| Octobre. | + 10,0 | + 9,9 | 12,225 | 74 |
| Novemb. | + 4,7 | + 4,2 | 12,230 | 74 |
| Décemb. | — 3,5 | — 4,1 | 12,225 | 79 |
| Moyenn. | + 9,1 | + 9,6 | 12,223 | 69 |

Il faut retrancher 0°,4 des indications données par le thermomètre des caves, à cause d'une erreur de graduation que j'ai reconnue en 1817.

TABLEAU *des* maxima *et des* minima *moyens du thermomètre centigrade, en* 1829.

| NOMS DES MOIS. | MAXIMUM moyen. | MINIMUM moyen. | DIFFÉRENCES. |
|---|---|---|---|
| Janvier. | + 0°,1 | — 4°,0 | 4°,1 |
| Février. | + 5,6 | — 0,1 | 5,7 |
| Mars. | + 9,4 | + 2,0 | 7,4 |
| Avril. | + 14,0 | + 5,5 | 8,5 |
| Mai. | + 19,4 | + 10,3 | 9,1 |
| Juin. | + 21,9 | + 12,3 | 9,6 |
| Juillet. | + 22,3 | + 14,8 | 7,5 |
| Août. | + 21,5 | + 12,6 | 8,9 |
| Septembre. | + 17,3 | + 10,1 | 7,2 |
| Octobre. | + 13,3 | + 6,7 | 6,6 |
| Novembre. | + 7,6 | + 1,9 | 5,7 |
| Décembre. | — 1,3 | — 5,7 | 4,4 |

TABLEAU *des variations extrêmes du thermomètre centigrade, dans chacun des mois de l'année* 1829.

| NOMS DES MOIS. | MAXIMUM. | MINIMUM. | DIFFÉRENC. |
|---|---|---|---|
| Janvier. | + 8°,2 | — 17°,0 | 25°,2 |
| Février. | + 12,0 | — 7,8 | 19,8 |
| Mars. | + 17,5 | — 3,2 | 20,7 |
| Avril. | + 19,8 | — 1,0 | 20,8 |
| Mai. | + 23,6 | + 6,2 | 17,4 |
| Juin. | + 29,5 | + 5,0 | 24,5 |
| Juillet. | + 31,3 | + 12,0 | 19,3 |
| Août. | + 27,5 | + 8,2 | 19,3 |
| Septembre. | + 21,5 | + 3,7 | 17,8 |
| Octobre. | + 21,8 | + 1,3 | 20,5 |
| Novembre. | + 14,5 | — 5,3 | 19,8 |
| Décembre. | + 7,8 | — 14,5 | 22,3 |

Tableau *des plus grandes variations que le thermomètre centigrade ait éprouvées en vingt-quatre heures, dans chacun des mois de l'année* 1829.

| NOMS DES MOIS. | PLUS GRANDE VARIATION en un jour. |
|---|---|
| Janvier. | 11°,8 |
| Février. | 8,8 |
| Mars. | 15,5 |
| Avril. | 13,5 |
| Mai. | 14,2 |
| Juin. | 19,0 |
| Juillet. | 15,0 |
| Août. | 14,6 |
| Septembre. | 11,3 |
| Octobre. | 10,0 |
| Novembre | 11,0 |
| Décembre. | 7,9. |

Tableau *de la marche moyenne du baromètre en* 1829.

(Toutes les hauteurs sont réduites à 0° de température.)

| Mois. | 9 heur. du matin. | Midi. | 3 heur. du soir. | 9 heur. du soir. |
|---|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm | mm |
| Janvier. | 751,56 | 751,15 | 750,67 | 751,56 |
| Février. | 759,79 | 759,66 | 759,16 | 759,59 |
| Mars. | 752,42 | 751,98 | 751,54 | 751,88 |
| Avril. | 747,94 | 747,75 | 747,17 | 747,80 |
| Mai. | 756,67 | 756,36 | 755,78 | 756,30 |
| Juin. | 757,16 | 756,82 | 756,35 | 756,90 |
| Juillet. | 754,62 | 753,89 | 753,52 | 753,78 |
| Août. | 755,57 | 755,52 | 755,25 | 755,77 |
| Septem. | 752,94 | 752,84 | 752,45 | 753,17 |
| Octobr. | 758,63 | 758,54 | 757,69 | 757,90 |
| Novem. | 757,63 | 757,54 | 756,65 | 757,27 |
| Décem. | 760,15 | 759,88 | 759,60 | 760,06 |
| Moyen. | 755.42 | 755,13 | 754,63 | 755,16 |

**Tableau** *des plus grandes variations du baromètre dans chacun des mois de 1829.*

| MOIS. | MAXIMUM. | MINIMUM. | DIFFÉRENCES. |
|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm |
| Janvier. | 762,94 | 738,90 | 24,04 |
| Février. | 773,47 | 739,55 | 33,92 |
| Mars. | 763,44 | 735,05 | 28,39 |
| Avril. | 756,70 | 736,36 | 20,34 |
| Mai. | 763,08 | 749,97 | 13,11 |
| Juin. | 764,75 | 741,44 | 23,31 |
| Juillet. | 763,93 | 744,63 | 19,30 |
| Août. | 764,25 | 744,40 | 19,85 |
| Septembre. | 763,96 | 739,30 | 24,66 |
| Octobre. | 770,06 | 734,68 | 35,38 |
| Novembre. | 768,30 | 739,95 | 28,35 |
| Décembre. | 770,40 | 746,47 | 23,93 |

**Tableau** *de la quantité de pluie qu'on a recueillie en 1829, tant sur la terrasse de l'Observatoire que dans la cour.*

(La différence de niveau des deux récipiens est de 28 mètres.)

| NOMS des mois. | PLUIE en centimètres sur la terrasse. | PLUIE en centimètres dans la cour. | NOMBRE de jours de pluie. |
|---|---|---|---|
| | c. | c. | |
| Janvier. | 3,750 | 3,920 | 5 |
| Février. | 2,760 | 3,000 | 10 |
| Mars. | 2,400 | 2,574 | 9 |
| Avril. | 6,930 | 7,420 | 22 |
| Mai. | 2,020 | 2,030 | 9 |
| Juin. | 5,100 | 5,280 | 15 |
| Juillet. | 12,620 | 12,760 | 23 |
| Août. | 4,250 | 4,595 | 16 |
| Septembre. | 10,385 | 10,880 | 23 |
| Octobre. | 3,210 | 3,670 | 15 |
| Novembre. | 2,320 | 2,500 | 12 |
| Décembre. | 0,230 | 0,260 | 1 |
| Sommes. | 55,975 | 58,889 | 160 |

## Etat *des crues de la Seine en 1829, au pont de la Tournelle.*

(Le zéro est toujours placé au point des plus basses eaux de 1719.)

| NOMS DES MOIS. | MAXIMUM. | MINIMUM. |
|---|---|---|
| Janvier. | 3m,10, le 31. | 0m,80, le 23. |
| Février. | 3 ,80, le 1er. | 1 ,70, le 18. |
| Mars. | 2 ,10, le 2. | 1 ,22, le 31. |
| Avril. | 1 ,80, le 16. | 1 ,19, le 5. |
| Mai. | 1 ,29, le 5. | 0 ,55, le 26. |
| Juin. | 0 ,65, le 1er. | 0 ,37, le 27. |
| Juillet. | 1 ,43, le 22. | 0 ,42, le 1er. |
| Août. | 1 ,25, le 29. | 0 ,85, le 15. |
| Septembre. | 2 ,[illegible]1, le 21. | 1 ,21, le 1er. |
| Octobre, | 2 ,80, le 12. | 1 ,65, le 5. |
| Novembre. | 2 ,15, le 30. | 1 ,45, le 24. |
| Décembre. | 2 ,32, le 5. | 0, 80, le 27. |

L'eau moyenne, en 1829, est de 1m,40 au-dessus du zéro du pont de la Tournelle. La Seine a été prise le 25 janvier et le 28 décembre.

---

## Etat *des vents, à Paris, en 1829.*

| Mois. | Nord. | Nord-E. | Est. | Sud.-E. | Sud. | Sud-O. | Ouest. | Nord-O. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janv. | 10 | 4 | 2 | 0 | 6 | 3 | 5 | 1 |
| Févr. | 6 | 3 | 2 | 1 | 8 | 1 | 2 | 5 |
| Mars. | 14 | 6 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Avril. | 1 | 1 | 0 | 2 | 10 | 9 | 3 | 4 |
| Mai. | 10 | 7 | 4 | 0 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| Juin. | 9 | 1 | 1 | 1 | 4 | 6 | 3 | 5 |
| Juill. | 1 | 0 | 1 | 2 | 8 | 12 | 4 | 3 |
| Août | 0 | 0 | 1 | 2 | 7 | 8 | 8 | 5 |
| Sept. | 5 | 1 | 1 | 1 | 11 | 5 | 5 | 1 |
| Oct. | 5 | 2 | 1 | 0 | 3 | 6 | 10 | 4 |
| Nov. | 8 | 2 | 4 | 0 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| Déc. | 10 | 6 | 7 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Som. | 79 | 33 | 26 | 15 | 68 | 58 | 51 | 35 |

## Etat *du ciel, à Paris, en* 1829.

Il y a eu, en 1829, à Paris :

159 jours de pluie ;
11 jours de neige ;
10 jours de grêle ou grésil ;
86 jours de gelée ;
15 jours de tonnerre ;
210 jours durant lesquels le ciel a été presque entièrement couvert.

---

## Taches *solaires en* 1829.

Nous continuerons à comprendre dans nos résumés le tableau annuel des changemens que la surface du soleil aura éprouvés, dans la persuasion que ces observations pourront servir à décider un jour si les taches solaires exercent une influence sensible sur les températures terrestres. L'inconstance du climat, à Paris, ne nous permet pas d'espérer que ces tableaux seront complets. Nous avions compté, pour combler les lacunes, sur la participation des autres astronomes, et cela, avec d'autant plus de raison, qu'une indication suffisante du nombre et de la grandeur des taches peut être obtenue sans aucun surcroît de travail, soit au moment où dans chaque Observatoire on prend la hauteur méridienne du soleil, soit pendant le temps que cet astre emploie à traverser le champ de la lunette méridienne. Je ne me chargerai pas d'expliquer pourquoi si peu d'observateurs, jusqu'ici, se sont associés à une recherche qui

semble devoir amener la solution d'une des questions les plus curieuses qu'on puisse se proposer sur la physique terrestre.

*Janvier*. Le 1er ; trois belles taches près du centre.

*Février*. Le 2 ; plusieurs groupes de taches forment une traînée presque continue entre les deux bords du soleil. Le 28 ; trois groupes dans la partie orientale du disque.

*Mars*. Le 6 ; onze belles taches formant quatre groupes distincts. Le 7 ; outre les taches du 6, on en aperçoit une nouvelle près du bord oriental. Le 11 ; cinq grosses taches noires dans l'hémisphère visible. Le 21 ; une petite tache vers le bord occidental ; deux groupes dans le voisinage du centre : une grande tache, entourée d'une large pénombre, en fait partie. Le 26 ; les taches d'hier se voient encore, mais on aperçoit en outre, au-dessus du centre, une traînée de taches nouvelles dont il n'y avait aucune trace le 25.

*Avril*. Le 2 ; un grand nombre de taches près du bord occidental ; deux belles taches noires dans le vertical du centre ; de petites taches dans d'autres parties du disque. Le 3 ; le groupe occidental est encore visible ; les autres taches ont singulièrement changé de forme depuis hier. Le 15 ; trois groupes de belles taches : deux près du centre, le troisième vers le bord oriental. Le 17 ; trois groupes, l'un à l'orient, l'autre à l'occident, le troisième près du centre. Le 19 ; trois groupes ; l'un près du centre, les deux autres entre le centre et le bord occidental. Le 20 ; quatre groupes.

*Mai*. Le 13 ; quatre petites taches. Le 17 ; on ne voit plus qu'une des quatre taches du 13, mais il s'en

s'est dégagé trois nouvelles du bord oriental. Le 22 ; les trois taches signalées le 17 pour la première fois, se trouvent maintenant vers le centre du disque : deux d'entre elles sont noires et assez grandes.

*Juin*. Le 14 ; une traînée de petites taches près du centre du soleil. Le 15 ; outre la traînée d'hier, on voit deux taches nouvelles près du bord oriental. Le 16 ; tout comme le 15, sauf le déplacement. Le 20 ; groupe vers le bord occidental ; deux taches vers le centre. Le 24 ; deux taches au bord occidental ; groupe de cinq vers le centre ; trois grandes taches vers le bord oriental, au milieu de beaucoup de facules.

*Juillet*. Le 7 ; trois groupes de petites taches, et, en outre, au bord oriental, une tache située au milieu de beaucoup de facules ; vers le bord occidental, deux taches fort éloignées en déclinaison. Le 8, tout comme le 7.

*Août*. Le 1er ; quatre groupes de très-belles taches. Le 2 ; on s'est assuré aujourd'hui que le noyau d'une des taches emploie près de 5″ à traverser le fil : ainsi son diamètre était quatre fois plus grand que celui de la terre. Le 4 ; le grand noyau est maintenant partagé en trois.

*Septembre*. Le 4 ; on voit trois taches au bord occidental et une au bord oriental : toutes les quatre sont entourées de facules. Le 8 ; un groupe de deux noyaux entourés d'une seule et même pénombre. Le 11 ; la tache du 8. Le 14 ; la tache du 8 se voit encore, elle approche du bord occidental. Le 17 ; deux groupes, situés au sud du centre, renferment trois grandes taches et beaucoup de petites ; une multitude de facules se montre au bord oriental. Le 25 ; trois belles taches

voisines du centre. Le 26; trois grandes taches noires ; deux autres non loin du bord oriental ; le bord occidental est parsemé de brillantes facules. Le 28 ; trois petits groupes de taches vers le bord oriental, et une tache isolée au-delà du centre. Le 29 ; il s'est formé un nouveau groupe de taches à l'orient de celles qu'on voyait hier. Une petite tache noire apparaît au bord oriental, au milieu d'une brillante facule ronde.

*Octobre*. Le 2 ; un groupe où l'on distingue trois taches principales vers le centre ; une grande tache se montre au bord oriental. Le 2 ; deux taches près du centre ; l'une des deux est très-grande et très-noire. Le 20 ; de très-belles taches près du bord oriental. Le 21 ; trois beaux groupes de taches entre le centre et le bord oriental. Le 22 ; les trois groupes d'hier se voient à merveille ; de nouvelles taches commencent à se montrer au bord oriental ; le bord opposé, enfin, présente les plus vives facules. Le 25 ; trois groupes de belles taches noires. Le 30 ; deux groupes de petites taches, l'un à l'orient, l'autre à l'occident du centre ; une tache noire est très-près du bord oriental ; de nombreuses facules se voient sur les deux bords.

*Novembre*. Le 2 ; deux groupes renfermant chacun deux taches assez belles, entre le centre et le bord occidental, et deux taches isolées, bien noires, entre le bord occidental et le centre. Le 5 ; cinq belles taches isolées. Le 6 ; les cinq taches d'hier, mais il y en a maintenant trois de multiples ; une tache nouvelle se voit près du bord oriental. Le 7 ; les mêmes taches que le 6. Le 8 ; il y a dix taches sur le soleil : la principale est fort grande, la plus orientale est double. Le 16 ; deux petites taches seulement,

l'une très-près du bord occidental, l'autre à l'opposite, presqu'en contact avec le bord oriental. Le 17; six petites taches; des facules sur les bords; presque toute l'étendue du disque solaire présente aujourd'hui des stries lumineuses et obscures. Le 18; trois groupes et une tache isolée formant un total de huit noyaux; beaucoup de facules aux bords et de nombreuses stries comme hier. Le 23; sept petits noyaux noirs en deux groupes. Le 25; deux groupes, l'un de trois petits noyaux, l'autre de deux grands et d'un petit. Le 26; les deux groupes d'hier sont maintenant très-près du bord occidental; deux nouveaux noyaux entourés de taches très-petites, se sont formés dans le voisinage du centre.

*Décembre.* Le 1er; une grande tache et deux très-petites près du bord oriental; une petite tache dans le voisinage du bord opposé. Le 3; trois groupes composés de douze noyaux entre le centre et le bord oriental; dans ces douze noyaux, trois sont très-gros et très-noirs. Le 6; neuf taches, dont trois assez grandes; l'une de ces dernières est très-près du bord oriental du soleil. Le 7; une belle tache noire isolée vers le bord oriental; près du centre, une grande tache noire au-dessous de laquelle se trouve une rangée de noyaux très-petits et très-ternes; une tache assez belle, précédée de trois petits noyaux gris, vers le bord occidental. Le 8; deux grands noyaux et deux groupes de très-petites taches. Le 13; beaucoup de facules aux deux bords; une tache au bord occidental. Le 14; deux taches à l'occident; deux petites vers le centre; une au bord oriental, et un groupe considérable entre ce même bord et le centre. Dans ce groupe, on remarque particulièrement une large pénombre, et

dans son intérieur deux taches très-noires. Le 15; comme hier. Le 27; trois petites taches vers le bord occidental; deux taches vers le bord oriental accompagnées de beaucoup de facules; au-dessous du centre, une tache assez grande suivie d'un groupe de petites. Le 30; quatre noyaux, un près du bord occidental, trois, dont deux assez gros, vers le bord oriental.

---

### TREMBLEMENS DE TERRE.

*Supplément à la liste des tremblemens de terre de* 1828.

*La Nouvelle-Galles du Sud* (Nouvelle-Hollande) paraît peu sujette aux tremblemens de terre. En 1828, cependant, on en a ressenti plusieurs extrêmement forts. Les relations parvenues en Europe portent à 25 minutes la durée de l'un d'entr'eux. Il fut suivi d'un ouragan épouvantable qui déracinait les arbres entiers, et les transportait aux plus grandes distances.

18 septembre, après 7 heures du matin; *Calcutta*. Deux secousses extrêmement fortes. Mouvement vertical; en conséquence les meubles *sautaient*. L'air était entièrement tranquille, mais lourd et étouffant.

9 décembre; *Manille*. Violentes secousses; beaucoup d'habitations et d'édifices endommagés.

---

TABLEAU *des tremblemens de terre observés dans l'année* 1829.

Janvier; *Vieux-Chamachi*. Secousses presque tous les soirs de 2 à 3 heures.

Le 8 mars ; *Forteresse de Junka* ( gouvernement d'Irkutz). Forte secousse de tremblement de terre qui a duré 3 minutes, et a renversé beaucoup de maisons. Un immense rocher, situé sur la rive droite du fleuve Irkutz, s'est détaché et a roulé en éclats dans les plaines environnantes. La terre s'est crevassée dans beaucoup d'endroits.

21 mars ; *Orihuela*. Tous les villages situés dans la Huerta d'Orihuela ont été renversés de fond en comble. Le mouvement paraît s'être fait verticalement. Il était accompagné de très-fortes détonnations. Les secousses n'ont eu une extrême violence que dans une étendue de 4 lieues en carré, où l'on a remarqué, après l'événement, un nombre prodigieux de crevasses de diverses longueurs et de 4 à 5 pouces de large, et, de plus, une multitude de trous circulaires très-rapprochés, de 2 à 3 pouces de diamètre. Toutes ces petites ouvertures ont vomi ou un sable gris-jaunâtre, semblable à celui qu'on trouve au bord de la mer dans les environs, ou une fange noire et liquide, ou, enfin, de l'eau de mer, des coquillages et des herbes marines. Les nouvelles répandues par les journaux sur la formation de cratères et sur des déjections de laves, sont fausses.

Le 31 mars, 4 h. ½ du soir ; *Port-au-Prince* (Haïti). Deux fortes secousses.

Le 2 avril, 7 h. 10 min. du matin ; environs de *Dieppe*. Plusieurs fortes secousses. La première dura quelques secondes, et fut accompagnée d'un bruit semblable à celui du tonnerre.

Le 19 mai ; *Mexico*. Violente secousse.

Vers la fin de mai ; *Albano*, *Gonsano*, *la Ric-*

*cia* et surtout *Castel-Gandolfo*. Quatorze secousses. Les eaux des lacs voisins ont, dit-on, baissé. Il est sorti de la fumée du sol en un grand nombre d'endroits. Aussi beaucoup d'arbres se sont desséchés.

29 mai; *Jamaïque*. Violente secousse.

Du 1er au 10 juin; *Torre-Vieja* (Espagne). Soixante-huit secousses, dont treize extrêmement fortes.

24 juin, à 7 h. 10 min. du soir; *Paris*. Plusieurs secousses (sur l'autorité de plusieurs personnes demeurant dans la rue du Mont-Parnasse).

26 juin; *Caën* et les environs. Secousse qui a duré 2 secondes.

Le 7 août, 3 h. du matin; *Colmar*, *Belfort*, etc., etc. Pluseurs secousses, accompagnées d'un bruit semblable à celui d'un tonnerre lointain.

Le 18 août, de jour; *Copenhague*. Plusieurs violentes secousses, accompagnées d'un bruit semblable à celui que produit le roulement d'une voiture.

Fin de septembre; *Torre-Vieja* (royaume de Murcie). Plus de 50 secousses.

12 octobre, 11 h. du soir; *Gessenay* (canton de Berne). Secousse assez forte, accompagnée d'un bruit souterrain. Temps parfaitement calme.

26 novembre, 4 heures du matin; *Jassy*; fortes secousses qui ont duré 70 secondes. Direction ouest-est, bruit souterrain; beaucoup de bâtimens endommagés.

26 novembre, entre 7 heures et 8 heures du soir. *Jassy*, *Odessa*, *Czernowitz*. Secousse fort légère.

27 novembre, à 4 heures 5 minutes du soir. *La Rochelle*, *Rochefort*, etc. Secousses accompagnées de fortes

détonnations. Voici les détails que M. Fleuriau de Bellevue, correspondant de l'Académie et membre de la chambre des Députés, a bien voulu me transmettre de la Rochelle.

Le 27 novembre, à 4 heures 5 minutes du soir, on entendit tout-à-coup à la Rochelle deux fortes détonnations. La première était d'une médiocre intensité, mais la seconde, qui la suivit une ou deux secondes après, fut d'une extrême violence; puis on entendit un bourdonnement prolongé, qui n'était peut-être dû qu'à l'effet des échos.

Ces deux détonnations et ce bourdonnement durèrent 4 à 5 secondes au plus.

Ce bruit parut venir de très-haut, comme d'une bombe, dans la direction du midi : il différait tellement d'un coup de tonnerre que chacun crut d'abord à l'explosion d'un magasin à poudre plutôt qu'à un tremblement de terre.

En effet, on n'avait éprouvé qu'une très-violente commotion, qui fit fortement vibrer les carreaux de vitres, qui n'ébranla qu'un très-petit nombre d'objets mobiles et portant à faux, mais qui ne fut accompagnée par aucune secousse sensible, soit de bas en haut, soit dans le sens horizontal; aussi les personnes qui avaient éprouvé des tremblemens de terre dans d'autres pays, ne pouvaient reconnaître ici ce phénomène; plusieurs l'attribuèrent à l'explosion d'un bolide, et s'attachèrent d'autant plus à cette opinion, qu'ils apprirent ensuite que ce bruit ne s'était pas fait entendre au delà des limites des arrondissemens de la Rochelle et de Rochefort.

Cependant, comme on n'a pas ouï dire, depuis vingt-cinq jours, que personne y ait aperçu de globes de feu

ni de pierres tombées ; comme on assure que plusieurs animaux manifestaient une agitation extraordinaire un peu avant les détonnations, et que les marins de trois navires ont déclaré que, dans ce même moment, ils ont cru que leurs bâtimens avaient touché sur quelque rocher ; qu'enfin, neuf jours après cette époque, une secousse de tremblement de terre s'est fait réellement sentir, il y a plutôt lieu de croire que ces détonations doivent se rapporter à la même cause.

Le baromètre avait été très-bas les jours précédens, et il était encore alors stationnaire à 4 lig. 8 dixièmes au dessous de sa hauteur moyenne, c'est-à-dire, à 27 pouc. 10 lig. Il monta aussitôt après ; mais, à la vérité, le ciel, qui avait été très-couvert toute la journée et même un peu pluvieux, s'était éclairci vers l'ouest une demi-heure auparavant.

Le 6 décembre, 5 heures du matin. *La Rochelle.* Secousses assez forte qui paraît n'avoir été observée qu'à la Rochelle et dans un rayon de 3 à 4 lieues.

Le ..... décembre, vers 3 heures du matin. *Hermanstadt.* Très-violente secousse qui a duré une minute. La température, très-froide au moment de la secousse, devint chaude après.

Le 22 décembre, dans la nuit. *Belley* (Ain). Secousse assez forte et de longue durée.

---

### AURORES *boréales observées aux États-Unis d'Amérique en* 1828.

Les 18, 19 et 20 janvier, l'aurore boréale a été vue à *Franklin*, à *Hartwick*, à *Albany* et à *Auburn*.

L'aiguille horizontale a été considérablement dérangée à Paris, les 17 et 18 janvier, et dans la matinée du 19.

Les 3 et 19 février, aurore à *Utica*.

Le 3, l'aiguille n'a été observée à Paris qu'une seule fois dans la soirée; ainsi on ne saurait dire si elle a éprouvé quelque dérangement.

Le 19, on n'a observé qu'une perturbation très-légère; mais, le 20, elle a été, dans son *maximum*, de près de 20′ et très-variable.

Les 11 et 12 avril, aurores vues à *Hartwick*.

Rien, à Paris, n'a annoncé ces phénomènes qui probablement ont été très-faibles.

Le 5 juillet, aurore boréale vue à *Albany*, à *Dutchess*, *Lowville, Saint-Laurent*, *Utica*.

Le 5 juillet, la déclinaison a varié à Paris d'une manière très-irrégulière. Déjà, à midi, le dérangement parut manifeste; mais, contre ce qui arrive ordinairement pendant les perturbations de jour, la déclinaison était sensiblement *trop petite*. Le soir, à 9 heures trois quarts, je trouvai aussi la déclinaison plus petite qu'à pareille heure les jours suivans et précédens : mais, le soir, en temps d'aurore boréale, c'est ainsi que la perturbation a lieu habituellement.

Le 14 août, aurore vue à *Clinton*.

Le 14 août, à 10 heures et demie, la déclinaison, à Paris, était notablement plus petite qu'à pareille heure les jours précédens.

Le 16 août, belle aurore vue à *Cambridge*, *Lowville, Utica*. Pendant quelque temps on aperçut un arc resplendissant.

Le 16 août, la déclinaison, à Paris, fut notablement





plus grande qu'à l'ordinaire, le matin et à midi, tandis que le soir, au contraire, elle était de plusieurs minutes plus petite.

Le 8 septembre; à *Saint-Laurent*. La moitié du ciel était éclairée par des jets très-lumineux qui s'élevaient presque jusqu'au zénith.

Le 8 septembre, l'aiguille commença à se déranger dans l'après-midi; et, comme c'est l'ordinaire à cette époque du jour, la perturbation avait rendu la déclinaison trop forte. Le soir, au contraire, et suivant une loi qui aussi est presque générale, cette déclinaison était trop petite, tandis que, le lendemain matin, elle était encore redevenue de 7′ plus grande que de coutume.

Le 12 septembre, aurore à *Utica*.

La marche de l'aiguille à Paris, dans la soirée du 12, ne présenta rien qui dût faire soupçonner l'existence d'une aurore.

Le 26 septembre, aurore vue à *Albany*, *Auburn*, *Lowville*, *Clinton*, *etc*.

Le 26 septembre, à 10 heur. du soir, la déclinaison de l'aiguille, à Paris, était de 9′ plus petite qu'à l'ordinaire.

Le 27 septembre, aurore à *Cambridge*.

Rien n'a annoncé cette aurore à Paris.

Le 29 septembre, jets brillans à *Albany*, *Cambridge*, *Saint-Laurent*, *Utica*, *Lowville* et arc lumineux.

Cette aurore fut vue aussi en Angleterre.

J'ai déjà rendu compte, l'an dernier, des dérangemens qu'elle occasiona dans la marche de l'aiguille horizontale.

Le 30 septembre, aurore à *Dutchess*.

*Voyez*, dans le N° de décembre 1828, une indication du trouble que cette aurore amena dans la marche de la déclinaison.

Le 3 octobre, aurore à *Cayuga*.

Rien de remarquable dans la marche de l'aiguille à Paris.

Le 8 octobre, on a aperçu une brillante aurore à *Albany* et à *Dutchess*. A minuit, on voyait un arc de 5° de large, placé perpendiculairement au méridien magnétique, et qui s'élevait de 10° au-dessus de l'horizon.

Le 8 octobre, l'aiguille horizontale a été fort dérangée à Paris.

Le 11 octobre, aurore à *Hartwick*.

Dans la soirée du 11, l'aiguille horizontale, à Paris, ne fut observée qu'à 10 heures un quart : alors elle occupait sa place ordinaire.

Le 8 novembre, aurore vue à *Utica*.

Les observations de l'aiguille horizontale n'ont pas été assez multipliées à Paris, dans la soirée du 8 novembre, pour qu'on puisse affirmer positivement qu'elle n'a point été troublée; mais, en tout cas, il n'existait aucun dérangement ni le matin, ni à midi, ni à 6 h. 45 min. du soir, ni à 11 h.

J'ai déjà parlé, l'an dernier, de l'aurore observée à Manchester le 1^er^ décembre 1828, et qui troubla considérablement la marche de l'aiguille aimantée à Paris. Cette aurore a été vue aux États-Unis, à *Clinton* et à *Schenectady*.

----

Dans le résumé de 1828, j'annonçai, d'après les dérangemens de l'aiguille, que, suivant toute apparence, on

aurait aperçu des aurores boréales les 3, 15 et 28 décembre. Je sais déjà que cette conjecture était exacte quant au 28. On trouve, en effet, dans les *Trans. phil.* de 1829, une observation d'aurore faite par M. Farquharson dans l'Aberdeenshire, au mois et à la date indiqués. Il faut seulement remarquer que l'aurore ne fut aperçue qu'à 6 heures et demie du soir, et qu'à Paris l'aiguille était dérangée très-notablement déjà dès le matin.

*Aurores boréales en* 1829.

Le 2 janvier, M. Marshal a vu une brillante aurore à Kendal, près de Manchester.

Le 2 janvier, à 7 h. $\frac{3}{4}$ du soir, l'aiguille aimantée, à Paris, était d'environ 5′ $\frac{1}{2}$ plus *orientale* qu'à pareille heure les jours précédens et suivans. A 8 heures, la déviation accidentelle n'allait plus guère qu'à 3′ $\frac{1}{2}$ ; à 10 h. $\frac{1}{4}$, tout était rentré dans l'ordre accoutumé.

L'aurore du 2 janvier a aussi agi sur l'aiguille verticale. En hiver, cette aiguille varie à peine du matin au soir ; mais, quand il y a un changement sensible, l'inclinaison *diminue* entre la première et la seconde de ces deux époques. Le 2, au contraire, *elle a augmenté* d'environ 1′. Je n'ajoute plus qu'une simple remarque, mais elle a quelque intérêt : c'est qu'un observateur qui, à Paris, se serait contenté de consulter l'aiguille dans la soirée du 2 janvier, à 7 h. $\frac{1}{4}$ et à 10 h. $\frac{1}{4}$, n'aurait pas soupçonné l'existence de l'aurore boréale. Les faits négatifs, concernant l'influence magnétique de ce phénomène lumineux, ne sauraient donc avoir de l'importance qu'autant que les observations ont été très-multipliées.

matin, aussi, la déclinaison était à peine inférieure à celle des jours précédens et suivans. Ces deux circonstances avaient suffi pour me faire douter de la réalité du phénomène, mais ce soupçon est devenu presque une certitude depuis que j'ai constaté que de 9 h. à 11 h. $\frac{1}{2}$, dans la nuit du 21 au 22, le ciel fut *constamment* et *fortement* couvert. Ainsi la lumière observée sur les ponts n'a pu être occasionée par une aurore boréale.

Je viens d'apprendre, par M. le capitaine Sabine, que M. Farquharson a observé des aurores boréales dans l'Aberdeenshire,

En octobre, les 6, 11 et 25 (le 25 octobre, l'aurore a été vue aussi à Kendal); en novembre, les 17, 18 et 19; et en décembre, le 14.

Il est rare que l'aiguille soit aussi souvent et aussi fortement dérangée qu'elle l'a été pendant les trois derniers mois de 1829. Voici la liste des jours durant lesquels les perturbations ont paru assez notables pour devoir, je crois, être attribuées à des aurores boréales :

Octobre, les 4, 9, 10, 11, 12, 21, 22, 24, 25 et 30;

Novembre, les 10, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 24 et 26;

Décembre, les 7, 14, 19, 20, 21 et 23.

Le 6 octobre ne figure pas dans cette liste. Ce jour-là, en effet, la marche de l'aiguille parut régulière. Je l'avais observée à 5 h. 20′; à 7 h. 0′; à 8 h. 0′; et à 11 h. 30′. Se serait-il manifesté, entre 8 h. et 11 h. $\frac{1}{2}$, une grande perturbation qui n'aurait été ni précédée de quelque dérangement à 8 h., ni suivie d'aucune altéra-

[redacted]



tion dans la déclinaison à 11 h.? Cela n'est guère probable, quoique la possibilité ne puisse être niée. Au reste, au point où la question est parvenue, les aurores qui n'agiraient pas auraient maintenant plus d'intérêt pour la science que celles qui altèrent visiblement la déclinaison; aussi doit-on attendre avec impatience la publication des observations de M. Farquharson.

Voici, comme exemple, le tableau détaillé de la marche de l'aiguille aimantée à Paris, le 11 octobre 1829, pendant l'une des aurores vues par M. Farquharson.

| Heures. | Aiguille horizontale. | Aiguille d'inclinaison. |
|---|---|---|
| 7 h. M. 0' | 22°. 4'. 50" | 67°. 39'. 45" |
| 7 . 35 | 2 . 50 | 39 . 25 |
| 8 . 0 | 3 . 45 | 41 . 0 |
| 8 . 15 | 3 . 15 | 41 . 25 |
| 8 . 40 | 4 . 59 | 41 . 45 |
| 9 . 0 | 5 . 35 | 42 . 50 |
| 9 . 25 | 7 . 0 | 42 . 35 |
| 10 . 0 | 9 . 40 | 42 . 0 |
| 10 . 30 | 12 . 00 | 43 . 0 |
| Midi. 0 | 14 . 20 | 41 . 20 |
| Midi. 20 | 14 . 20 | 41 . 5 |
| Midi. 50 | 14 . 45 | 41 . 0 |
| 1 . 45 | 13 . 20 | 40 . 55 |
| 2 . 0 | 12 . 55 | 40 . 20 |
| 3 . 45 | 13 . 40 | 41 . 25 |
| 4 . 45 | 12 . 10 | 42 . 15 |
| 6 . 15 | 3 . 5 | 43 . 10 |
| 6 . 30 | 8 . 15 | 42 . 55 |
| 7 . 20 | 6 . 5 | 44 . 15 |
| 7 . 30 | 21 . 57 . 0 | 43 . 15 |
| 7 . 35 | 21 . 56 . 25 | 41 . 40 |
| 7 . 40 | 22 . 2 . 40 | 41 . 15 |

| Heures. | Aiguille horizontale. | Aiguille d'inclinaison. |
|---|---|---|
| 7 h. 45′ | 22°. 5′. 15″ | 41′. 40″ |
| 7 . 50 | 7 . 30 | 42 . 5 |
| 7 . 55 | 8 . 50 | 43 . 15 |
| 8 . 0 | 7 . 45 | 43 . 50 |
| 8 . 5 | 7 . 30 | 44 . 25 |
| 8 . 10 | 4 . 10 | 45 . 20 |
| 8 . 15 | 21 . 56 . 45 | 45 . 50 |
| 8 . 20 | 53 . 30 | 43 . 45 |
| 8 . 25 | 58 . 10 | 42 . 40 |
| 10 . 15 | 22 . 8 . 40 | 44 . 5 |
| 10 . 30 | 5 . 35 | 43 . 5 |
| 10 . 45 | 21 . 57 . 30 | 42 . 15 |
| 10 . 52 | 56 . 45 | |
| 11 . 0 | 57 . 0 | 43 . 20 |
| 11 . 15 | 55 . 40 | |
| 11 . 30 | 54 . 45 | 44 . 20 |
| 11 . 37 | 56 . 25 | |

Lorsqu'on compare ces observations à celles qui ont présenté une marche régulière les jours précédens et suivans, on trouve que l'aiguille était déjà dérangée *à midi*, le 11, et que sa direction se trouvait trop occidentale de près de 2′ ½. L'incertitude dans les observations d'inclinaison ou de déclinaison ne va pas à 10′.

---

## Sur *la quantité moyenne de pluie qui tombe dans divers lieux du globe.*

Dans l'état actuel de la science, une observation météorologique isolée a généralement très-peu d'intérêt; mais il n'est pas ainsi des résultats moyens qui, fondés

sur des observations répétées un grand nombre d'années, peuvent être considérés comme caractérisant tel ou tel autre climat. Ces résultats doivent être recueillis avec soin dans les journaux de science, puisqu'ils serviront un jour à établir avec certitude les lois qui régissent la distribution de la chaleur et celle de la pluie à la surface du globe. Tel est du moins le motif qui m'a déterminé à insérer ici le résumé de plusieurs tableaux dont j'ai eu connaissance. Je suis redevable des observations de la Rochelle à la complaisance de M. Fleuriau de Belle-Vue, correspondant de l'Académie des Sciences, et membre de la chambre des députés.

*Pluie à la Rochelle, de 1777 à 1793 inclusivement.*

| Noms des mois. | Pluie moyenne, en lig. | Extrêmes. maxim. | Extrêmes. minim. | Nombre moyen de jours de pluie. | Extrêmes. maxim. | Extrêmes. minim. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier. | 28li.,8 | 72 li. | 4 | 14 | 23 | 3 |
| Février. | 21 ,3 | 46 | 2 | 11 | 23 | 4 |
| Mars. | 19 ,1 | 37 | 5 | 12 | 19 | 5 |
| Avril. | 18 ,0 | 34 | 1 | 11 | 19 | 5 |
| Mai. | 20 ,4 | 59 | 1 | 12 | 26 | 2 |
| Juin. | 17 ,1 | 45 | 2 | 12 | 22 | 1 |
| Juillet. | 20 ,0 | 48 | 4 | 12 | 21 | 4 |
| Août. | 15 ,1 | 39 | 0 | 9 | 19 | 2 |
| Septembre. | 27 ,2 | 52 | 1 | 12 | 22 | 1 |
| Octobre. | 36 ,7 | 75 | 5 | 13 | 23 | 3 |
| Novembre. | 35 ,5 | 68 | 4 | 14 | 20 | 5 |
| Décembre. | 31 ,5 | 59 | 2 | 14 | 24 | 6 |

Dans ces premières dix-sept années, la pluie moyenne annuelle a été de 24 pouc. 3 lig. = 65centim.,6.

Les extrêmes : 37 pouc. 4 lig. et 18 pouc. 5 lig.

Le nombre moyen annuel des jours de pluie est de 146, et les extrêmes sont 168 et 88.

Cette première série d'observations a été faite par feu M. Seignette et par M. Fleuriau de Belle-Vue.

*Pluie recueillie à la Vallerie (cinq lieues au nord-est de la Rochelle), de 1810 à 1827.*

| Noms des mois. | Pluie moyenne, en lignes. | Extrêmes. maxim. | Extrêmes. minim. | Nombre moyen de jours de pluie. | Extrêmes. maxim. | Extrêmes. minim. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier. | 20lig.,5 | 40 | 2 | 12 | 20 | 3 |
| Février. | 22 ,4 | 22 | 4 | 13 | 22 | 4 |
| Mars. | 17 ,7 | 40 | 0 | 11 | 21 | 4 |
| Avril. | 19 ,5 | 38 | 0 | 11 | 18 | 0 |
| Mai. | 23 ,0 | 47 | 6 | 13 | 18 | 5 |
| Juin. | 15 ,0 | 39 | 3 | 11 | 17 | 3 |
| Juillet. | 20 ,8 | 55 | 0 | 11 | 27 | 4 |
| Août. | 16 ,5 | 28 | 6 | 9 | 17 | 3 |
| Septembre. | 24 ,1 | 42 | 12 | 11 | 18 | 6 |
| Octobre. | 40 ,6 | 85 | 14 | 15 | 28 | 10 |
| Novembre. | 30 ,2 | 80 | 3 | 14 | 24 | 6 |
| Décembre. | 34 ,9 | 66 | 3 | 15 | 21 | 2 |

La pluie moyenne, dans l'intervalle des 18 années qui se sont écoulées de 1810 à 1827, a été :

24 pouc. 0 lig. = 65centim.,0.

Les extrêmes sont : 30 pouc. 0 lig. et 18 pouc. 3 lig

Le nombre moyen de jours de pluie est de

146; et les extrêmes sont 194 et 112.

A la Vallerie, comme à la Rochelle, le récipient était de 8 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les obser-

vations de la Vallerie sont de M. de Monroy ; M. Fleuriau de Belle-Vue les a recueillies et calculées.

La comparaison des deux tableaux précédens n'autoriserait pas, comme on peut voir, la conséquence que le déboisement ait diminué la quantité de pluie annuelle; mais il faut remarquer que cette cause, quelque influence qu'on veuille lui attribuer en général, serait presque sans importance sur nos côtes où la pluie est principalement amenée par des vents d'ouest qui se sont saturés d'humidité en traversant l'océan.

*Pluie moyenne à Joyeuse* (1), *déduite de* 23 *années d'observations faites par M.* Tardy de La Brossy de Montravel, *maréchal de camp d'artillerie en retraite.*

| Années. | Jours pluvieux. | Quantité d'eau : ancienne mesure. | | Quantité d'eau : nouvelle mesure. |
|---|---|---|---|---|
| | | pouc. | lig. | millim. |
| 1805 | 101 | 37 | 2,3 | 1006,8 |
| 1806 | 117 | 44 | 6,8 | 1206,4 |
| 1807 | 83 | 42 | 10,6 | 1160,8 |
| 1808 | 102 | 52 | 8,3 | 1426,3 |
| 1809 | 113 | 42 | 7,9 | 1154,8 |
| 1810 | 107 | 58 | 11,5 | 1596,0 |
| 1811 | 113 | 63 | 10,8 | 1729,8 |
| 1812 | 98 | 49 | 11,5 | 1352,3 |
| 1813 | 105 | 44 | 1,8 | 1195,1 |
| 1814 | 112 | 45 | 11,0 | 1243,0 |
| 1815 | 92 | 40 | 0,1 | 1083,0 |
| 1816 | 106 | 51 | 2,3 | 1385,8 |
| Moyen. | 104 | 47 | 10,0 | 1295 |

(1) Joyeuse se trouve par 44°,28′ de latitude nord. Sa hauteur au-dessus du niveau de la mer est d'environ 100 toises.

| Années. | Jours pluvieux. | Quantité d'eau : ancienne mesure. | | Quantité d'eau : nouvelle mesure. |
|---|---|---|---|---|
| | | pouc. | lig. | millim. |
| 1817 | 73 | 34 | 11,9 | 947,4 |
| 1818 | 108 | 43 | 2,6 | 1169,9 |
| 1819 | 100 | 58 | 4,8 | 1580,9 |
| 1820 | 92 | 37 | 0,0 | 1001,6 |
| 1821 | 87 | 41 | 6,1 | 1123,6 |
| 1822 | 88 | 40 | 10,9 | 1107,4 |
| 1823 | 103 | 45 | 8,6 | 1237,5 |
| 1824 | 83 | 41 | 4,0 | 1118,9 |
| 1825 | 80 | 32 | 11,9 | 893,0 |
| 1826 | 83 | 65 | 4,4 | 1764,4 |
| 1827 | 96 | 81 | 2,0 | 2197,1 |
| Moyen. | 90,0 | 47 | 6,1 | 1285,6 |

*Tableau du nombre moyen des jours pluvieux, et de la quantité moyenne de pluie de chaque mois sur les vingt-trois années observées.*

| Mois. | Jours pluvieux. | Quantité d'eau. ancienne mesure. | | Quantité d'eau. nouvelle mesure. |
|---|---|---|---|---|
| | | pouc. | lig. | millim. |
| Janvier. | 8.3 | 3 . | 6,7 | 96,3 |
| Février. | 7,7 | 2 . | 10,6 | 78,0 |
| Mars. | 7,0 | 2 . | 3,8 | 62,7 |
| Avril. | 8,5 | 3 . | 6,7 | 96,3 |
| Mai. | 10,6 | 5 . | 1,8 | 139,4 |
| Juin. | 7,7 | 2 . | 5,0 | 65,4 |
| Juillet. | 6,4 | 2 . | 7,1 | 69,2 |
| Août. | 5,3 | 2 . | 8,6 | 73,5 |
| Septembre. | 7,6 | 5 . | 7,2 | 151,6 |
| Octobre. | 9,8 | 7 . | 10,2 | 212,5 |
| Novembre. | 9,2 | 5 . | 9,7 | 157,2 |
| Décembre. | 9,4 | 3 . | 2,6 | 87,0 |
| Les 12 mois. | 97,5 | 47 . | 8 | 1290 |

Le résultat que donnent les observations de M. Tardy de La Brossy, est évidemment supérieur à la pluie moyenne sous le 45e degré de latitude. Il faut donc qu'il y ait à Joyeuse des circonstances locales qui modifient les lois générales. Voici, suivant M. de La Brossy, la cause de l'anomalie dont on lui doit la découverte :

Lorsque des nuages peu élevés trouvent une montagne sur leur route, ils sont arrêtés ou, tout au moins, leur vitesse est considérablement ralentie. Ces nuages seraient peut-être passés sans pluie ; l'obstacle qui les arrête les force donc de déposer une grande partie de l'eau dont ils sont chargés, dans une localité où il aurait plu à peine. A Joyeuse, les pluies les plus fréquentes et les plus abondantes arrivent par le vent du sud ; une montagne située au nord de la ville, et dirigée de l'est à l'ouest, serait donc très-propre à y accumuler les nuages peu élevés que les vents méridionaux y amènent ; or, une telle montagne existe : c'est le Tanargue dont la hauteur est de 7 à 800 toises, et qui, à 5 ou 6000 toises seulement au nord de Joyeuse, forme comme un mur presque vertical. Partout où de telles circonstances de position se trouveront réunies, il faudra s'attendre à recueillir plus de pluie que le climat ne semblerait devoir le faire supposer.

*Pluie à Bombay.*

| Années. | Juin. | Juillet. | Août. | Septembre. | Octobre. | Total. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | po. | po. | po. | po. | po. | |
| 1817 | 45,72 | 23,67 | 9,34 | 24,87 | 0,19 | 103,79 |
| 1818 | 22,54 | 17,69 | 28,45 | 10,39 | 2,70 | 81,14 |
| 1819 | 15,95 | 30,66 | 20,24 | 10,11 | 0,14 | 77,10 |
| 1820 | 18,82 | 28,37 | 19,49 | 10,66 | 0,00 | 77,34 |
| 1821 | 15,18 | 20,60 | 28,52 | 18,29 | 0,40 | 82,99 |
| 1822 | 29,21 | 26,59 | 33,83 | 22,16 | 0,82 | 112,61 |
| 1823 | 21,76 | 15,96 | 19,70 | 4,28 | 0,00 | 61,70 |
| 1824 | 3,89 | 8,70 | 17,86 | 1,78 | 2,37 | 34,33 |
| 1825 | 24,45 | 25,17 | 12,94 | 9,68 | 0,00 | 72,24 |
| 1826 | 17,75 | 26,97 | 8,40 | 23,50 | 1,23 | 77,85 |
| 1827 | 49,15 | 10,29 | 10,51 | 10,16 | 0,92 | 81,03 |
| 1828 | 23,53 | 52,75 | 17,22 | 22,80 | 6,40 | 121,98 |

Ce tableau est tiré du *Philos. mag.*, *janv.* 1829. Les observations ont été faites par M. Benjamin Noton, essayeur de la Monnaie de Bombay. La moyenne annuelle qu'on en déduit est :

82,0 pouc. anglais = 77 pouc. français. = 208,3 centim.

Il ne pleut à Bombay que durant les cinq mois qui figurent dans le tableau.

# Mémoire *sur la Température moyenne de l'air et du sol dans quelques points de la Russie orientale.*

Par Mr A. J. Kupffer, membre de l'Académie de Saint-Pétersbourg.

( Lu à l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, le 18 février 1829. )

( Communiqué par l'Auteur. )

Pendant mon dernier voyage aux monts Ourals, j'ai eu occasion de faire quelques observations sur la température de l'intérieur de la terre. J'en ai aussi recueilli d'autres exécutées à la surface et pendant un espace de temps plus considérable, pour en conclure la température moyenne de l'air dans ces contrées ; enfin, en comparant les résultats que j'ai obtenus soit entre eux, soit avec ceux de MM. Cordier, Wahlenberg, etc., je me suis laissé entraîner à quelques réflexions sur la distribution de la chaleur dans les couches inférieures de la surface de notre globe, que je communique à l'Académie avec d'autant plus de réserve, que le nombre des observations recueillies par moi et par d'autres est encore très-limité.

Toutes les observations suivantes ont été faites avec des thermomètres soigneusement vérifiés. J'ai commencé par déterminer, selon la méthode de M. Bessel, publiée dans le recueil de ses observations astronomiques et dans les *Annales* de M. Poggendorf (vol. LXXXII, pag. 287), les erreurs d'un thermomètre à mercure de

M. Pixii à Paris ; c'est avec ce thermomètre que tous les autres ont été comparés de cinq en cinq degrés. Je me suis convaincu plusieurs fois de cette nécessité : j'ai rencontré plusieurs thermomètres dont les erreurs montaient jusqu'à 1° c., quoique les points fixes fussent assez bien déterminés.

*Température moyenne de l'air à Kazan.* (*Latitude*, 55° 48′; *longitude*, 47° 9′.)

On observe, depuis l'année dernière, la température à Cazan, à l'ombre, dans un pavillon destiné à cet usage, bâti au milieu du jardin de l'Université ; il est surmonté d'une pièce où l'air circule librement. Les heures adoptées sont 9 heures du matin, midi, trois heures et 9 heures du soir. Les *maximum* et *minimum* de chaleur ont été observés pendant trois mois seulement, parce que l'instrument se cassa, et qu'on ne put s'en procurer un autre. L'observateur est M. Chertacof, élève de l'Université de Kazan. Voici le tableau des moyennes mensuelles depuis le 1er novembre 1827 jusqu'au 1er novembre 1828, en thermomètre de Réaumur.

| Mois. | 9 heures du matin. | Midi. | 3 heures du soir. | 9 heures du soir. | Maxim. moyen. | Minimum moyen. | Moyenne du maxim. et mini. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nov. | — 2,1 | — 0,5 | — 0,6 | — 2,0 | | | |
| Déc. | — 8,4 | — 7,2 | — 7,5 | — 7,9 | — 5,8 | —11,5 | — 8,7 |
| Janv. | —15,4 | —14,0 | —13,9 | —14,1 | —12,9 | —17,5 | —15,2 |
| Févr. | —15,5 | —15,1 | —12,3 | —15,5 | —11,2 | —19,0 | —15,1 |
| Mars. | — 4,5 | — 1,8 | — 1,1 | — 4,5 | | | |
| Avril. | + 4,7 | + 6,9 | + 7,5 | + 3,9 | | | |
| Mai. | 11,4 | 13,6 | 14,4 | 9,8 | | | |
| Juin. | 15,8 | 18,0 | 18,6 | 13,9 | | | |
| Juill. | 14,8 | 17,4 | 17,9 | 14,2 | | | |
| Août. | 13,9 | 16,6 | 17,1 | 13,1 | | | |
| Sept. | 5,8 | 9,4 | 10,2 | 6,3 | | | |
| Oct. | + 2,4 | 3,5 | 3,9 | 2,1 | | | |
| Moy. | + 2,0 | + 2,4 | + 2,5 | + 1,6 | | | |

Le plus grand froid eut lieu les 18 et 19 janvier : ce jour, le thermomètre à alcool corrigé baissa jusqu'à 31°,7. Un peu de mercure, exposé dans une petite bouteille, gela presque en totalité. La plus grande chaleur eut lieu le 8 juillet; le thermomètre monta à trois heures jusqu'à 24°,8. Les grands froids sont très-rares à Kazan, où cependant le thermomètre baisse assez souvent jusqu'à — 25°. La chaleur de l'été monte quelquefois jusqu'à + 26°, et même à 27°.

Comme les deux principaux élémens de la température moyenne de chaque jour, c'est-à-dire le *maximum* et le *minimum*, n'ont pas été observés pendant neuf mois de l'année, nous supposerons, comme cela est démontré à Paris pour toute l'année, et à Kazan pour les mois de novembre, décembre et janvier (*voyez* le tableau ci-dessus), que la température de 9 heures du matin ap-

proche beaucoup de la température moyenne de toute la journée. Dans cette supposition, la température moyenne de l'année 1828, à Kazan, a été de + 2°,0 R.; il est bon de remarquer que l'année 1828 a été une année froide. La température moyenne du mois d'avril surpasse beaucoup celle de l'année, qui est très-peu inférieure à la température moyenne du mois d'octobre. Le thermomètre se tient pendant cinq mois au-dessous, et pendant sept mois au-dessus de zéro. La température moyenne des cinq premiers mois (nov., déc., janv., fév., mars) est — 9°,2; celle des sept derniers est égale à + 9°,8. En distribuant les mois par trois, selon les quatre saisons, on trouve la température moyenne :

| | |
|---|---|
| De l'hiver... (déc., janv., févr.) égale à... | — 13°,1 R. |
| Du printemps (mars, avril, mai)......... | + 3 ,9 |
| De l'été..... (juin, juillet, août)......... | + 14 ,8 |
| De l'automne (sept., oct., nov.).......... | + 2 ,0 |

M. le professeur Bronner, pendant le séjour qu'il a fait à Kazan depuis 1814 jusqu'en 1817, a fait des observations météorologiques qui ont été calculées par M. Parrot fils, et publiées dans l'ouvrage de M. Erdmann, *Beiträge zur Kenntniss der Jnnern von Russland*, tome 1er; malheureusement, M. Parrot a compté les mois selon le calendrier Julien, adopté en Russie, de sorte que ses moyennes pour les mois ne sont pas comparables aux miennes; ceci n'a cependant aucune influence appréciable sur les moyennes de l'année. M. Bronner a observé à 7 heures du matin, à midi et à 8 ou 9 heures du soir, et a obtenu les résultats suivans :

| | Moyenne de la totalité des observations. | Moyenne des observations, à 7 heures et à midi. |
|---|---|---|
| Temp. moyen. de l'année 1814 | + 2,5 | |
| 1815 | 2,7 | 2,3 |
| 1816 | 3,5 | 3,1 |
| 1817 | 1,5 | 2,0 |
| Moyenne... | + 2,6 | 2,5 |

Si l'on ajoute à ces résultats celui de 1828, on trouve que la température moyenne de Kazan, dans le jardin de l'Université, c'est-à-dire à 40 mètres au-dessus du niveau de l'Océan, est de $+2°,4$ R. Les observations ci-dessus confirment de nouveau la remarque qu'on a déjà faite il y a long-temps, que la température moyenne du mois d'octobre est presque égale à la température moyenne de l'année, et que celle du mois d'avril en approche. Pour vérifier cette loi sur les observations de M. Bronner, j'ai supposé la température moyenne des mois Juliens, mars et avril, égale à la température du mois Grégorien avril, et la température moyenne des mois Juliens, septembre et octobre, égale à celle du mois Grégorien octobre : supposition que j'ai trouvée vraie pour l'année 1828. On trouve dans le tableau suivant les résultats de ces calculs.

| | Moyenne tirée de la totalité des observations. | Moyenne tirée des observations de 7 heures et midi. |
|---|---|---|
| 1814 avril... | + 0,8 | |
| octobre. | 3,3 | |
| 1815 avril... | 2,1 | 2,1 |
| octobre. | 2,8 | 2,9 |
| 1816 avril... | 1,2 | 1,5 |
| octobre. | 3,5 | 3,7 |
| 1817 avril... | 2,4 | 2,9 |
| octobre. | 0,0 | 0,2 |
| Moyennes.. { Avril. | 1,6 | 2,2 |
| Moyennes.. { octob. | 2,4 | 2,3 |

*Température moyenne du sol à Kazan.*

La température du sol est indiquée par des sources qui jaillissent d'une profondeur et avec une abondance suffisantes, pour que leur température ne puisse changer à leur sortie par le contact de l'air. De telles sources ont une température presque constante, et dont les variations suivent une autre loi que celles de la température de l'air. Ordinairement, le *maximum* de chaleur a lieu en automne, le *minimum* au printemps, c'est-à-dire trois ou quatre mois plus tard que les points correspondans dans la marche de la température de l'air.

Les sources des contrées montagneuses ne paraissent pas pouvoir indiquer avec autant de certitude la température du sol voisin que les sources des pays plats, car il peut arriver que les premières tirent leur origine des hauteurs, et donnent une température plus basse que celle qui leur conviendrait d'après la position de l'en-

droit où elles se trouvent. Une grande inégalité dans le terrain doit produire une grande inégalité dans la température des sources. Dans les plaines, au contraire, il arrive assez souvent que pluieurs sources, assez éloignées les unes des autres, ont exactement la même température, de sorte que rien n'est ici abandonné à l'incertitude du choix entre plusieurs observations. Les sources qui sortent d'un terrain marécageux sont également impropres à la détermination de la chaleur moyenne du sol, parce que leur température est altérée par le mélange de l'eau du marais qui est stagnante et continuellement exposée à l'action de l'air. La température de l'eau de réservoirs, quoique alimentés par des sources abondantes, s'approche toujours plus ou moins de celle de l'air. Les puits profonds présentent souvent une température très-constante, mais ils sont ordinairement un peu refroidis par l'air froid qui, à cause de sa plus grande densité, s'accumule dans les profondeurs.

Voici maintenant mes observations sur la température du sol à Kazan. Une source au nord-ouest et au pied de la montagne calcaire sur laquelle est bâtie la citadelle, donna, le 29 octobre 1828, une température de + 5°,2 R. Le 16 janvier 1815, M. Bronner a trouvé cette température égale à + 4°,8 : j'ai observé exactement la même température dans le mois de janvier 1829. Une autre source éloignée de plus de deux lieues de la précédente, et de plus d'une lieue de la ville, dans un village appartenant a l'archevêché, près du lac de Kaban, donna le même jour (le 29 octobre) + 5°,2 R., c'est-à-dire précisément la même température.

Pour connaître la température moyenne d'une source quelconque, il faudrait l'observer chaque mois une fois au moins, et prendre la moyenne de toutes les observations. De telles observations nous ont été fournies par M. Erman (voyez *Annales de Poggendorf*, année 1828, cahier 10, page 302), pour une source de Kœnisberg, en Prusse; elles ont donné les résultats suivans:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oct. | 7°,74 | Janv. | 5°,79 | Avril. | 5°60 | Juillet | 7°,12 |
| Nov. | 7 ,10 | Fév. | 5 ,42 | Mai. | 5 ,86 | Août. | 7 ,66 |
| Déc. | 6 ,46 | Mars. | 5 ,22 | Juin. | 6 ,48 | Sept. | 7 ,90 |

Moyenne. 6°,54

La moyenne entre le *maximum* et le *minimum* qui ont eu lieu aux mois de septembre et de mars, est +6,56, c'est-à-dire égale à la moyenne de toutes les observations.

S'il est permis de supposer que les variations de la température des sources suivent partout à peu près la même marche, et qu'il n'y a de différence d'une source à l'autre que dans la grandeur de ces variations, il est clair que les observations de M. Erman peuvent servir de terme de comparaison. La différence des températures aux mois de janvier et d'octobre est de 1°,95 dans les observations de Koenigsberg, de 0°,40 dans les nôtres; il est donc probable que les variations de la température de la source de Kazan égalent la cinquième partie de celles de la source de Koenigsberg; d'où l'on peut conclure, pour la source de Kazan, que la température du mois de septembre doit être égale à la température du mois d'octobre, augmentée de la cinquième partie de la dif-

férence entre les températures des mêmes mois à Koenigsberg. Voici le type très-simple de ce calcul que j'ajoute seulement pour plus de clarté :

| | |
|---|---|
| Septembre... | 5°,20 + $\frac{1}{5}$ (7,90 — 7,74) = 5,23 |
| Mars....... | 4 ,80 — $\frac{1}{5}$ (5,79 — 5,22) = 4,69 |
| | Moyenne. = 4,96 |

La température moyenne du sol à Kazan peut donc être évaluée à + 5° R.

Un puits, dans le même village où est la deuxième source, donna + 4°,25 R. le 19 juillet 1828, et + 4°,5 le 29 octobre de la même année. La surface de l'eau est à 20 pieds au dessous du sol. Les deux observations, calculées de la même manière, donnent + 4°,06 pour la température moyenne de ce puits. Il est aisé de s'apercevoir 1) que non-seulement cette température est plus basse que la température du sol, mais que ses variations sont aussi plus grandes; 2) que la température de ce puits est plus rapprochée de la température moyenne du sol, que de celle de l'air.

*Température moyenne de l'air à Slatoouste (latitude* 55°8′, *longitude* 57°, *élévation au-dessus de la mer* 370 *mètres.*)

M. Ewersmann, présentement professeur d'histoire naturelle à Kazan, a observé, pendant les années de 1817 à 1820, un thermomètre dont les deux points fixes ont été vérifiés. Les observations des années 1818 et 1819 sont complètes; celles de 1817 et 1820 n'étant pas complètes, je n'ai calculé les moyennes que pour les mois d'avril et d'octobre. M. Ewersmann nota, le matin, le

plus grand froid, et, vers les deux heures après midi, la plus grande chaleur; il est cependant bon de remarquer que ces observations n'ont pas été faites avec un thermométrographe, mais avec un thermomètre ordinaire. On observa encore à midi, à 6 heures et à 10 heures du soir; mais comme les maxima et minima donnent la température moyenne de l'année avec une exactitude suffisante, j'ai omis les autres observations dans le tableau suivant:

| | 1818. | | | 1819. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mois. | Maxim. | Minim. | Moy. | Maxim. | Minim. | Moy. |
| Janv. | — 9,68 | —14,25 | —11,96 | — 9,48 | —12,77 | —11,12 |
| Fév. | —11,58 | —19,23 | —15,40 | —10,16 | —17,80 | —13,98 |
| Mars. | + 0,51 | — 7,59 | — 3,54 | — 1,72 | —10,14 | — 5,93 |
| Avril. | 5,51 | — 1,18 | + 2,16 | + 5,16 | — 1,35 | + 1,90 |
| Mai. | 11,22 | + 3,09 | 7,15 | 10,98 | + 5,21 | 8,09 |
| Juin. | 17,26 | 9,37 | 13,31 | 15,94 | 9,46 | 12,68 |
| Juill. | 14,10 | 8,55 | 11,32 | 18,66 | 11,38 | 12,02 |
| Août. | 17,84 | 9,00 | 13,42 | 15,87 | 8,45 | 11,16 |
| Sept. | 10,20 | 3,69 | 6,95 | 11,68 | 5,73 | 8,70 |
| Oct. | 0,10 | — 3,79 | — 1,85 | 7,00 | 1,16 | 4,08 |
| Nov. | — 5,70 | — 7,93 | — 6,81 | — 5,45 | — 8,20 | — 6,82 |
| Déc. | — 7,87 | —10,80 | — 9,33 | —13,10 | —16,70 | —14,90 |
| Moy. | + 3,48 | — 2,59 | + 0,45 | + 3,61 | — 2,13 | + 0,74 |

| | 1818. | 1819. |
|---|---|---|
| Moyenne des mois d'hiver . . . . . | — 12,23 | — 13,33 |
| de printemps. | + 1,93 | + 1,36 |
| d'été. . . . . . . . | + 12,69 | + 12,95 |
| d'automne. . . | — 0,57 | + 1,99 |

Les températures moyennes des mois d'octobre et d'avril 1817 et 1820 étaient :

| | 1817. | | | 1820. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Max. | Moy. | Min. | Max. | Moy. |
| Avril... | + 0,5 | + 9,0 | + 4,7 | + 0,7 | + 6,3 | + 3,5 |
| Octobre. | — 3,2 | + 0,3 | — 1,5 | — 1,4 | + 4,7 | + 1,7 |

Moyenne de toutes les observations d'avril, depuis 1817 jusqu'à 1820............. + 3,06
Moyenne de toutes les observations d'octobre, depuis 1817 jusqu'à 1820....... + 0,61.

Le tableau précédent donne + 0,6 pour la température moyenne tirée de tous les mois des années 1818 et 1819.

*Température du sol aux mines de Kisnekejeva* ( *latitude* $54^\circ \frac{1}{2}$, *longitude* 60° ) *à l'est de l'Oural*, 300 *mètres au-dessus de la mer*.

Dans une galerie à 25 mètres au-dessous de la surface du sol, où l'on ne travaille plus, l'eau d'une mare avait la température de + $3^\circ \frac{1}{2}$ R.

*Température du sol aux mines de Bogoslowsk* (1) ( *latitude* 60°, *longitude* 60°, *élévation* 200 *mètres* ).

Dans les mines de Tousjensk, à l'est de Bogoslowsk, la température des puisards, à 112 mètres de profon-

(1) Dans ma course au nord de l'Oural, c'est-à-dire à Nigeney-Taguilsk, à Werkhotourie et à Bogoslowsk, j'ai été accompagné de MM. Hansteen et Erman fils, que j'ai

deur, a été trouvée de + 5° R. Dans les mines de Frolow, qui sont peu éloignées des premières, à une profondeur de 65 mètres, cette température était de + 3°,2. Une source qui, dans la même mine, jaillissait du sol à 56 mètres de profondeur, avait une température de + 2°,7. En comparant les différences de température aux différences de profondeur, on trouve la loi du décroissement de la chaleur dans les profondeurs, comme il suit :

| N°. | Profondeur en mètres. | Température observée. | Différence des profondeurs. | Différence des températures. | Accroissement de prof. pour 1° R. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 56 | 2,7 | n$^{os}$ 3 et 1 .. 56 | 2,3 | 24$^m$,3 |
| 2 | 65 | 3,2 | n$^{os}$ 3 et 2 .. 47 | 1,8 | 26 ,1 |
| 3 | 112 | 5,0 | n$^{os}$ 2 et 1 .. 9 | 0,5 | 18 ,0 |

Comme les valeurs contenues dans la dernière colonne sont d'autant plus exactes que les différences de profondeur sont plus grandes, on ne ferait pas bien de prendre leur moyenne arithmétique ; on obtient une valeur beaucoup plus certaine et qui cependant ne demande pas, pour la trouver, autant de calcul que si l'on employait la méthode des moindres carrés, en divisant la somme des différences de profondeurs par la somme des différences de température. On trouve de cette manière un accroissement de profondeur de 24$^m$,4 pour chaque degré de thermomètre octogésimal.

Comparons maintenant les observations précédentes

trouvés à Catherinebourg, allant en Sibérie, et qui ont bien voulu céder à mes instances et venir avec moi jusqu'à Bogoslowsk ; M. Erman particulièrement a pris la part la plus active aux observations citées dans cet article.

avec celles que d'autres physiciens ont recueillies sur la température de l'intérieur de la terre. On verra, dans la suite, que la température du sol est rarement égale à la température moyenne de l'air. Il n'est donc pas permis de comparer la température d'une station inférieure avec la température moyenne de l'air du pays. Il ne faut pas non plus que la station supérieure soit trop peu profonde, à moins qu'on ne possède une série d'observations prolongées pendant une année entière. N'admettant que les observations qui satisfont à toutes ces conditions, on a :

| Noms des pays. | Profondeur en mètres. | Température C. | Différence des profondeurs. | Différence des températures. | Accroissement de profondeur pour 1° C. |
|---|---|---|---|---|---|
| Saxe....... | 78<br>256 | 9,4<br>13,8 | 178 | 4°,4 | 40,5 |
| Bretagne.... | 39<br>140 | 11,9<br>14,6 | 101 | 2 ,7 | 37,4 |
| Cornouailles. | 82,3<br>274,5 | 15,6<br>25,6 | 192,2 | 10 ,0 | 19,2 |
| Cornouailles. | 71,4<br>329,4 | 15,6<br>26,7 | 258,0 | 11 ,1 | 23,2 |
| Saxe....... | 180<br>260 | 11,25<br>15,00 | 80 | 3 ,75 | 21,3 |
| Litry....... | 0<br>99 | 11,0<br>16,1 | 99 | 5 ,1 | 19,4 |
| Decise...... | 107<br>171 | 17,78<br>22,10 | 64 | 4 ,32 | 14,8 |

Si l'on rejette les deux premières observations, qui s'éloignent trop du résultat moyen, on obtient, par la

méthode que nous avons employée ci-dessus, un accroissement de profondeur de 20$^{m}$,2, pour chaque degré centésimal, ou de 25$^{m}$,25 pour chaque degré octogésimal.

Nous sommes maintenant en état de calculer la température du sol à Bogoslowsk, quoique nous ne possédions aucune observation directe.

Jusqu'ici, nous avons toujours conclu la température du sol de la température constante ou presque constante des sources; mais il est clair qu'une source ne saurait présenter une température constante, qu'autant qu'elle sort d'une profondeur considérable; c'est donc, à proprement parler, à une couche inférieure à la surface du sol que nous devons rapporter toutes les observations sur la température des sources. Quoiqu'il soit impossible de déterminer exactement la profondeur au-dessous de la surface de la terre de cette couche, dont la température est constante ou presque constante, et que cette profondeur varie probablement avec l'étendue des variations de la température de l'air, on peut cependant l'évaluer à 25 mètres à peu près, évaluation plutôt trop faible que trop forte : car, à Paris, c'est-à-dire dans un climat tempéré, les variations de température sont encore sensibles à 28 mètres de profondeur. Après avoir retranché ces 25 mètres de la profondeur de la première station à Bogoslowsk, il reste encore 31 mètres; c'est la profondeur de cette station au-dessous de la couche à laquelle il faut rapporter toutes les températures du sol; mais 31 mètres donnent un décroissement de chaleur de 1°,2 R. La température du sol à la première station

tant trouvée égale à 2°,7, on obtient 1°,5 pour la tem-érature du sol à Bogoslowsk.

Dans quelques endroits, à Bogoslowsk, par exemple, sol est encore gelé, vers la fin de l'été, à quelques pieds : profondeur; on voit, par là, que nous avons eu ison de rapporter la température du sol à une cou-ie plus profonde, et qu'à une petite profondeur, température moyenne de l'année est très-variable, et eut descendre au-dessous de zéro. Là, où les oscilla-ons de la température du sol sont assez grandes pour ie la formation de la glace soit possible, il peut arriver ie la chaleur subséquente ne suffise pas, pendant long-emps, pour la fondre. C'est ainsi, je crois, qu'on peut xpliquer la présence de glace dans un sol dont la tem-érature moyenne excède certainement la température : la glace fondante.

*'empérature du sol à Nigeney-Taguilsk (latitude* 58°) *et à Werkhotourie (latitude* 59°).

Ces deux endroits sont situés sur la pente orientale : l'Oural, comme Bogoslowsk et Catherinebourg, et nt une élévation de 200 mètres à peu près. Aux mines e Nigeney-Taguilsk, l'eau, puisée à une profondeur e 65 mètres, a une température de + 3°,9 R., ce qui onne, après avoir retranché 25 mètres de la profon-eur, 2°,3 R., pour la température du sol dans ce lieu. In puits de 5 mètres de profondeur (profondeur trop etite pour donner à l'eau une température invariable) onna 2°,6 R. A Werkhotourie, une source donna une empérature de 2°,1. Cette température, observée en utomne, est probablement un peu plus élevée que la

température moyenne : retranchons-en 0°,2, conformément à l'observation de Kazan, et nous aurons 1°,9 pour la température du sol à Werkhotourie.

CONCLUSION.

On voit, par les observations précédentes, que la température du sol est quelquefois très-différente de la température moyenne de l'air. Wahlenberg nous a déjà fait voir que, dans les hautes latitudes, la température des sources surpasse beaucoup la température moyenne de l'air; M. de Humboldt, et après lui M. de Buch, ont trouvé le contraire dans les basses latitudes. Le tableau suivant comprend les observations les plus exactes de ce genre, faites au niveau de la mer, ou à une hauteur qui n'excède pas 1500 pieds.

| Noms des lieux. | Latitude. | Elévation en mètres. | Temp. du sol | Temp. de l'air. | Noms des observateurs. |
|---|---|---|---|---|---|
| Congo........ | 9° A. | 450 | 18°,2 | 20°,5 | Smith. |
| Cumana....... | 10¼ B. | 0 | 20 ,5 | 22 ,4 | Humboldt. |
| Saint-Yago (Cap-Vert.)...... | 15 | 0 | 19 ,6 | 20 ,0 | Hamilton. |
| Bockford (Jamaïque..... | 18 | 0 | 20 ,9 | 21 ,6 | Hunter. |
| Havanne...... | 23 | 0 | 18 ,8 | 20 ,5 | Ferrer. |
| Nepaul....... | 28 | 0? | 18 ,6 | 20 ,0 | Hamilton. |
| Téneriffe (1)... | 28½ | 0 | 14 ,4 | 17 ,3 | Buch. |
| Le Caire...... | 30 | 0 | 18 ,0 | 18 ,0 | Nouet. |
| Cincinnati..... | 39 | 160 | 9 ,9 | 9 ,7 | Mansfield. |
| Philadelphie... | 40 | 0 | 10 ,2 | 9 ,9 | Warden. |
| Carmeaux..... | 43 | 300 ? | 10 ,4 | 11 ,5 | Cordier. |
| Genève....... | 46 | 350 | 8 ,9 | 7 ,7 | Saussure. |

(1) Voyez l'intéressant Mémoire de M. de Buch, dans les Annales de Poggendorf, vol. XII.

[redacted]



| Noms des lieux. | Latitude. | Elévation en mètres. | Temp. du sol. | Temp. de l'air. | Noms des observateurs. |
|---|---|---|---|---|---|
| Paris......... | 49 | 75 | 9°,2 | 8°,7 | |
| Berlin......... | 52½ | 0 | 8,1 | 6,4 | Erman fils. |
| Dublin......... | 53 | 0 | 7,7 | 7,6 | Kirwan. |
| Kendal......... | 54 | 0 | 7,0 | 6,3 | Dalton. |
| Keswick....... | 54½ | 0 | 7,4 | 7,1 | |
| Koenigsberg.... | 54½ | 0 | 6,5 | 5,0 | Erman. |
| Edinbourg..... | 56 | 0 | 7,0 | 7,0 | Playfair. |
| Carlscrona..... | 56¼ | 0 | 6,8 | 5,8 | Wahlenberg. |
| Upsala........ | 60 | 0 | 5,2 | 4,5 | |
| Umeo........ | 64 | 0 | 2,3 | 0,6 | |
| Giwartenfiäll (Enontekies).. | 66 | 500 | 1,0 | -3,0 | |

Ce tableau peut encore être étendu à l'aide des observations de Kazan et de l'Oural. Dans plusieurs endroits, la température moyenne de l'air n'étant pas connue, il faut y suppléer par des conjectures. Dans les latitudes moyennes, la température moyenne de l'air décroît d'un demi-degré octogésimal pour chaque degré de latitude. Cette loi est confirmée par des observations faites près des endroits en question. La différence des latitudes de Saint-Pétersbourg et de Moscou est de 4°¼; la température moyenne de l'air à Saint-Pétersbourg est 3°,0 R.; celle de Moscou 3°,6; la différence 0°,6 doit être augmentée de 1°,3, à cause de la plus grande élévation de Moscou, qui est de 300 mètres; on a donc un décroissement de 2° pour 4°⅙ de différence dans les latitudes, ou d'un demi-degré à peu près pour un degré de latitude. Ces considérations suffisent pour déterminer approximativement la température moyenne de l'air de tous les points cités à l'est de l'Oural, celle de Kisnckïewa étant connu par les observations de Slatoouste, à 20 lieues au nord-ouest de Kisnekïewa.

| | Latit. | Élévat. | Temp. du sol. | Temp. de l'air. |
|---|---|---|---|---|
| Kisnekïewa. .... | 54½ | 300 | 3°,5 | 1°,2 |
| Kazan.......... | 56 | 30 | 5 ,0 | 2 ,4 |
| Nigeney-Taguilsk. | 58 | 200 | 2 ,3 | —0 ,2 |
| Werkhotourie.... | 59 | 200 | 1 ,9 | —0 ,7 |
| Bogoslowsk. .... | 60 | 200 | 1 ,5 | —1 ,2 |

La première inspection de ce tableau nous apprend que la température du sol ne change pas seulement selon la latitude, mais aussi selon la longitude des lieux. Outre ces différences, on en remarque encore d'autres par rapport à l'élévation des lieux. Distribuons les observations précédentes sous quatre méridiens; réduisons-les au niveau de la mer, en ajoutant $\frac{2}{5}$° R. pour chaque centaine de mètres d'élévation; et le tableau précédent prendra la disposition suivante.

Ier Méridien de 0° de longitude.

| | Latitude. | Température du sol. |
|---|---|---|
| Saint-Yago... | 15 | 19°,6 |
| Ténériffe..... | 28½ | 14 ,4 |
| Cameaux..... | 43 | 11 ,6 |
| Genève...... | 46 | 10 ,3 |
| Paris........ | 49 | 9 ,5 |
| Dublin...... | 53 | 7 ,7 |
| Keswick..... | 54½ | 7 ,4 |
| Edinbourg... | 56 | 7 ,0 |

IIe Méridien de 20° de longitude orientale de Paris.

| | Latitude. | Température du sol. |
|---|---|---|
| Le Caire..... | 30 | 18°,0 |
| Carlscrona ... | 56¼ | 6 ,8 |
| Upsala....... | 60 | 5 ,2 |
| Umeo. ....... | 64 | 2 ,3 |
| Giwartenfiall . | 66 | 3 ,0 |
| Congo....... | 9 A. | 20 ,0 |

IIIᵉ Méridien de 60° de longit. orient. de Paris.

| | Latitude. | Température du sol. |
|---|---|---|
| Kirnekeïewa.. | 54 ½ | 4°,7 |
| Nigeney-Tag.. | 58 | 3 ,1 |
| Werkhotourie. | 59 | 2 ,7 |
| Bogoslowsk... | 60 | 2 ,3 |

IVᵉ Méridien de 80° de longit. occid. de Paris.

| | Latitude. | Température du sol. |
|---|---|---|
| Cumana..... | 10 | 20°,5 |
| Bockford..... | 18 | 20 ,9 |
| Havanne..... | 23 | 18 ,8 |
| Cincinnati.... | 39 | 10 ,5 |
| Philadelphie.. | 40 | 10 ,2 |

Voici maintenant les conséquences qu'on peut tirer de ce tableau :

1). Les températures du sol ne sont pas égales entre elles sous le même parallèle. Si l'on tire des lignes par tous les points d'une température égale, on obtient des courbes, que nous appellerons isogéothermes, et dont les inflexions ressemblent à celles des lignes isothermes, sans cependant se confondre avec les dernières, comme on le reconnaît quand on trace les unes et les autres sur une carte.

2). La température du sol décroît régulièrement depuis l'équateur jusqu'au pôle. Ceci explique pourquoi la température du sol, dans les basses latitudes, est inférieure à la température moyenne de l'air ; car celle-ci ne décroît presque pas depuis l'équateur jusqu'à 20 degrés de latitude ; la température du sol, qui décroît toujours,

[redacted]



doit donc rester en arrière. Passé les 20 degrés de latitude, la température moyenne de l'air décroît plus rapidement que celle du sol ; celle-là doit donc enfin devenir égale à celle-ci ; ce qui arrive effectivement à 50° de latitude, sous le premier méridien, et plutôt encore sous le quatrième. Par la même raison, dans les hautes latitudes, la température moyenne de l'air doit rester inférieure à celle du sol.

3). Le décroissement de la température du sol, selon la latitude, est représenté par l'équation suivante :

$$a - b \sin^2 l = t,$$

où $a$ et $b$ sont des constantes inconnues, qu'il faut déterminer ; $l$ est la latitude, $t$, la température du sol correspondant à cette latitude.

Pour déterminer les constantes, commençons par employer, pour le premier méridien, les observations d'Édimbourg et de Paris. Nous aurons :

$$a - b \sin^2 56° = 7°,0 ; \quad a - b \sin^2 49 = 9,5.$$

Ces équations combinées donnent :

$$a = 21,3, \quad b = 20,9.$$

Le tableau suivant présente la comparaison des résultats de l'observation et du calcul.

| | Calculé. | Observé. | | Calculé. | Observé. |
|---|---|---|---|---|---|
| Equateur.. | 21,3 | | Paris..... | 9,5 | 9,5 |
| Ténériffe.. | 16,5 | 14,4 | Dublin.... | 7,8 | 7,7 |
| St-Yago... | 19,9 | 19,6 | Keswick... | 7,4 | 7,4 |
| Carmeaux. | 11,6 | 11,6 | Edinbourg. | 7,0 | 7,0 |
| Genève... | 10,4 | 10,3 | Pole...... | + 0,4 | |

L'observation de Ténériffe est la seule qui s'éloigne beaucoup de la loi suivie dans les autres lieux ; mais aussi cette île a une position très-occidentale par rapport aux autres points, et n'est pas proprement située sous le premier méridien. Par la même raison, Saint-Yago devrait également avoir une température plus basse que celle que nous venons de trouver par le calcul ; on peut supposer que l'observation citée n'exprime pas exactement la température du sol, puisqu'elle a été prise dans un puits ouvert.

En combinant les observations du Caire et d'Upsala, on trouve, pour le deuxième méridien,

$$a = 24,4 \quad b = 25,6.$$

Ces valeurs donnent le tableau suivant :

| | Calculé. | Observé. | | Calculé. | Observé. |
|---|---|---|---|---|---|
| Equateur.. | 24,4 | | Upsala...... | 5,2 | 5,2 |
| Le Caire... | 18,0 | 18,0 | Uméo....... | 3,7 | 2,3 |
| Berlin..... | 8,3 | 8,1 | Giwartenfiäll. | 3,0 | 3,0 |
| Carlscrona. | 6,7 | 6,8 | Pole........ | — 1,2 | |

Les observations de Kisnekeïewa et de Bogòslowsk donnent, pour le troisième méridien :

$$a = 22,9 \quad b = 27,5 ;$$

par conséquent :

| | Calc. | Obs. | | Calc. | Obs. |
|---|---|---|---|---|---|
| Equateur......... | 22,9 | | Werkhotourie. | 2,7 | 2,7 |
| Kisnekeïewa...... | 4,7 | 4,7 | Bogoslowsk (1). | 2,3 | 2,3 |
| Nigeney-Taguilsk. | 3,1 | 3,1 | Pole:......... | — 4,6 | |

(1) Cet accord surprenant des résultats du calcul et de l'observation ne peut être attribué qu'au hasard.

Enfin, les observations de Bockford et de Philadelphie donnent, pour le quatrième méridien :

$$a = 24,0 \quad b = 33,7\,;$$

d'où l'on trouve :

| | Calculé. | Observé. | | Calculé. | Observé. |
|---|---|---|---|---|---|
| Equateur. . | 24,0 | | Cincinnati. . . | 10,5 | 10,5 |
| Bockford. . | 20,9 | 20,9 | Philadelphie. | 10,2 | 10,2 |
| Havanne. . . | 18,8 | 18,8 | Pole. . . . . . . | −9,7 | |

La température calculée de Cumana diffère considérablement du résultat de l'observation, mais aussi Cumana a une position très-orientale; c'est ici, comme à Ténériffe. Pour Kœnigsberg, sous le second méridien, on trouve 7°,5 au lieu de 6,5; il semble qu'il y existe une cause locale de refroidissement, car, non-seulement la température du sol, mais aussi celle de l'air est plus basse qu'elle ne devrait être. La température moyenne de l'air à Mittau, plus au nord de 2° environ, et en même temps plus à l'est, étant égale à 5°,6, selon les observations très-exactes de M. Pauker, à Mittau. Il se pourrait aussi que la source, que M. Erman a observée à Kœnigsberg, n'eût pas donné la véritable température du sol : en effet, les grandes variations de température, que M. Erman a observées, démontrent que cette source ne vient pas d'une profondeur considérable.

Par les formules précédentes, il est facile de calculer pour chacun des quatre méridiens, les points où la température du sol est égale à 0°, 5°, 10°, 15°, etc. En faisant passer des lignes par les points d'égale température, on formera le tracé des lignes isogéothermes, dont nous avons déjà parlé. J'ai tracé une carte selon ces

principes. En effet, après avoir donné à la formule ci-dessus la forme :

$$\cos 2\,l = 1 - 2 . \frac{a - t}{b},$$

il était facile de calculer la table suivante :

Latitude correspondante.

| Température. | Sous le 1er mérid. | Sous le 2e mérid. | Sous le 3e mérid. | Sous le 4e mérid. |
|---|---|---|---|---|
| 0° | .... | 77°.30′ | 65°.52′ | 57°.32′ |
| 5 | 62.12 | 60 .31 | 53 .47 | 48 .40 |
| 10 | 47.20 | 48 .36 | 43 .14 | 40 . 8 |
| 15 | 33.18 | 37 .18 | 32 .25 | 31 . 7 |
| 20 | 14.27 | 24 .30 | 18 .57 | 19 .44 |

Comme la température du sol à Cumana et à Ténériffe est considérablement plus basse que sur les points de l'Amérique et de l'Afrique centrales situés sous le même parallèle, il est clair que les lignes isogéothermes doivent éprouver ici une inflexion considérable vers le sud.

J'ai essayé de représenter la loi de la distribution des températures du sol indépendamment de celle des températures moyennes de l'air. M. de Buch, au contraire, a pensé que la différence de ces deux températures peut s'expliquer par l'absorption des eaux de pluie par le sol, qu'elles refroidissent ou échauffent selon qu'elles y pénètrent pendant l'hiver ou pendant l'été. Dans les hautes latitudes, par exemple, où la surface de la terre est recouverte pendant l'hiver d'une croûte épaisse de neige, les pluies y pénètrent seulement pendant l'été, et portent avec elles une température plus élevée que la moyenne. Dans les basses latitudes, au

contraire, la plus grande quantité de pluie tombe en automne ou en hiver, c'est-à-dire, dans une saison où la température de la pluie est au-dessous de la moyenne. Quoique cette circonstance puisse avoir quelque influence sur la température du sol, il est cependant difficile de concevoir comment, dans les plus hautes latitudes où quelquefois le sol est recouvert de neige pendant la plus grande partie de l'année, la petite quantité de pluie qui pénètre dans la terre pendant l'été, peut élever constamment et de plusieurs degrés sa température. D'ailleurs, l'expérience journalière nous apprend que les pluies ne pénètrent pas bien avant dans le sol, principalement s'il est formé de roches, et que les eaux sont presque entièrement absorbées par les plantes et par l'évaporation, ou recueillies dans les grandes et les petites rivières. Il n'est pas encore démontré que le système des eaux souterraines soit dans une dépendance immédiate de celui des eaux superficielles à Bogoslowsk, où la surface de la terre est recouverte de neige pendant plus de la moitié de l'année, les puisards des mines n'ont pas plus d'eau pendant l'été et l'automne que pendant l'hiver. Au printemps seulement, lorsque par la fusion de la neige et le débordement des rivières, la quantité d'eau qui couvre la surface s'accroît dans une proportion énorme, on remarque également une augmentation des eaux dans les mines. Il y a sans doute des cas où les eaux de la surface se mêlent aux eaux souterraines, par exemple, dans les marais; mais les observations de cette espèce sont exclues des tableaux précédens, parce que de telles eaux n'ont jamais une température constante; cette constance est

un caractère propre aux eaux souterraines, par lequel il est facile de les distinguer.

Quoique la formnle $a - b \sin^2 l = t$ représente parfaitement bien les observations, on ne doit cependant pas oublier que toutes les formules avec des constantes arbitraires dont il faut déterminer la valeur par les observations mêmes, peuvent ne donner que des résultats approximatifs, et se trouver en défaut sur des points éloignés de ceux où les observations ont été faites. Le pôle est un de ces points, et il ne faut pas s'étonner que les quatre formules donnent quatre valeurs différentes pour sa température. En effet, supposons que le *minimum* de température ne soit pas placé exactement au pôle, mais un peu en deçà, dans ce cas, la formule employée ne pourra indiquer sa position, puisqu'elle a sa petite valeur lorsque $t = 90^\circ$ : elle ne pourra représenter les observations que jusqu'au *minimum* de température tout au plus, et elle donnera au pôle une température trop basse. Je m'abstiens de toute conjecture à l'égard de la position de ce *minimum*, qui, faute d'observations sur la température du sol dans ces contrées ne saurait être déterminé.

Quant à la température du sol à l'équateur, on voit, par les tableaux précédens, qu'elle est plus grande au milieu de l'Afrique que dans la mer entre l'Afrique, les Indes orientales et la Nouvelle-Hollande ; qu'elle est encore plus petite sur les côtes occidentales de l'Afrique et les côtes orientales de l'Amérique (1) ; et qu'enfin, au

---

(1) En combinant les observations de Philadelphie et de Cumana, on trouve seulement 21,3 pour la température du sol à l'équateur.

centre de l'Amérique, elle atteint encore une valeur considérable. Sous le méridien de l'Afrique, les lignes isogéothermes présentent, jusqu'à la latitude de 50°, une convexité sensible, dont le sommet est dirigé vers le nord; et c'est en même temps sous ce méridien qu'il y a deux volcans actifs (le Vésuve et l'Etna), un grand nombre de sources minérales plus ou moins chaudes, et presque partout des roches basaltiques et porphyriques. Il serait possible que les points où la température du sol atteint son *maximum* ne soient pas précisément situés sous l'équateur; cette hypothèse n'est cependant appuyée que par une seule observation dans l'hémisphère austral, celle du Congo : la formule donne à cette contrée une température beaucoup plus considérable que l'observation. On est donc obligé, pour exprimer exactement l'observation, d'augmenter la latitude du lieu, ou, ce qui revient au même, de supposer à l'équateur géotherme une petite inflexion vers le nord.

---

## Mémoire *sur les causes des tremblemens de terre au Chili et au Pérou, et sur les moyens de prévenir leurs ravages* (1).

Par M. Lambert, ingénieur des Mines au Chili.

Le but de ce Mémoire est de prouver que les tremblemens de terre, au Chili et au Pérou, ne sont que des

---

(1) M. Lambert me remit le Mémoire qu'on va lire, en 1824, pendant un voyage qu'il fit à Paris. Avant d'entrer

orages souterrains, et qu'il existe des moyens de prévenir leurs ravages.

Le flanc ouest des Andes dans l'Amérique méridionale est, dans une grande partie de son étendue, sujet aux tremblemens de terre. Ces tremblemens sont fréquens au Chili et dans le Pérou, du 20$^e$ au 34$^e$ degré sud, depuis novembre jusqu'en avril. Il est même des années où, pendant ces mois, on les a journellement ressentis. Ce n'est souvent qu'une vibration légère et lente qu'éprouve le sol pendant l'espace de quelques minutes, tantôt sans bruit, tantôt précédée et accompagnée d'un bruit sourd semblable à celui d'un tonnerre souterrain. Mais quelquefois aussi la terre éprouve dans ces contrées des vibrations assez fortes pour renverser les édifices,

---

avec lui dans la discussion des causes auxquelles il attribue les tremblemens de terre, je crus devoir le prier de joindre à son travail des preuves détaillées des faits sur lesquels il s'appuie. Telle est l'origine des deux notes qu'on trouvera à la fin. Ces notes m'ayant paru susceptibles de développemens ultérieurs, j'invitai l'auteur à étudier de nouveau, à son retour au Chili, les phénomènes électriques qu'il avait remarqués au sommet des Andes, et surtout à montrer, par des *recensemens complets*, que la côte occidentale d'Amérique, du 20$^{me}$ au 34$^{me}$ degré de latitude, n'éprouve de tremblemens de terre *que dans certains mois*. Ces éclaircissemens ne m'étant pas parvenus après un délai de cinq ans, je me suis déterminé à publier le Mémoire dans son état primitif, car les journaux consacrés aux sciences peuvent contribuer à leur avancement, tout autant en provoquant des recherches qu'en propageant des théories et des faits bien établis.

et jeter tellement la mer hors de ses limites, qu'elle ravage les côtes où elle enlève les habitations et les animaux. Des rochers énormes se détachent alors et se précipitent du haut des montagnes dans les vallées, en pulvérisant avec fracas ce qui s'oppose à leur passage. Il se fait dans la terre des ouvertures assez vastes pour interrompre le cours des rivières qui viennent s'y engloutir. C'est pendant ces fortes vibrations que de grandes parties de terrain, des cités populeuses, se sont enfoncées et ont disparu pour jamais.... D'immenses ruines, des vallées jadis cultivées et délaissées maintenant; des cérémonies religieuses et des vœux expiatoires faits à divers saints à l'intercession desquels on croit devoir la cessation de plusieurs tremblemens, tout prouve que, de mémoire d'homme, cet effroyable phénomène a désolé ces côtes.

Durant mon long séjour dans l'Amérique méridionale, j'ai eu de fréquentes occasions de voir des tremblemens. J'ai été témoin de celui qui, en 1817, détruisit Copiapo, et j'ai pu, en partie, éprouver les effets de celui qui, en 1821, renversa Valparayso. Une étude approfondie de ce phénomène, des circonstances qui l'accompagnent, des saisons où il est produit, m'a fait soupçonner les causes naturelles auxquelles il est dû; et, par suite, les moyens qu'il faudrait employer pour en diminuer les effets, et peut-être pour les empêcher entièrement. C'est l'exposition de ces moyens et des réflexions qui m'y ont conduit, qui fera les sujets de ce Mémoire. Mon but étant de soustraire de nombreuses provinces aux ravages d'un phénomène qui, dans l'état actuel de notre globe, y cause les plus grandes révolutions, j'ose espérer que

les savans dont le génie a découvert et calculé les propriétés de la matière, verront avec intérêt cette application de leurs profondes théories. Leur approbation seule pourra m'inspirer une juste confiance dans l'emploi des moyens que je soumets à leur jugement.

Le soleil échauffant les zônes de la terre qui reçoivent perpendiculairement ses rayons, plus que celles qui les reçoivent obliquement; l'air en contact avec les premières, s'échauffant aussi plus que l'air en contact avec les dernières; l'air chaud recevant d'ailleurs une dilatation qui le rend spécifiquement plus léger que l'air froid, nous pouvons conclure qu'il existera un courant d'air ascensionnel dans les parties de la zône torride qui reçoivent perpendiculairement les rayons du soleil. Ce courant en occasionera un autre qui viendra des pôles, et fournira de l'air au premier; mais le mouvement de rotation des zônes voisines des pôles étant moindre que celui des zônes situées sous l'équateur, le courant venant vers la zône torride sera obligé de suivre une direction intermédiaire entre les méridiens et les parallèles, en s'écartant vers l'est. Le courant ascensionnel, au contraire, après s'être refroidi et condensé, après être redescendu pour nourrir le courant inférieur, aura un mouvement en avance sur les zônes proches des pôles qu'il viendra rencontrer, et fera l'effet d'un vent d'ouest.

Je me propose de développer, dans un Mémoire particulier, les modifications que la disposition des terrains et les mers, peuvent apporter à cette grande cause; il me suffit ici d'avoir prouvé que, dans la partie de notre globe comprise entre les tropiques et dans celles qui les

avoisinent, les courans d'air doivent régner de l'est; et qu'au contraire dans les zônes plus rapprochées des pôles où vient redescendre le courant supérieur, les vents doivent prévaloir de l'ouest. Ce fait est d'ailleurs vérifié par tous les navigateurs des océans Pacifique et Atlantique. Les vents entre sud et est, atteignent dans ces mers, quand le soleil est au sud de la ligne, jusqu'au 40e et parfois 45e degré de latitude sud; de là jusqu'au pôle règnent les vents du côté de l'ouest. Quand le soleil est au tropique nord, les premiers atteignent seulement jusqu'au 25e degré de latitude sud, et les seconds vont de là jusqu'au pôle.

Or, l'Amérique méridionale est traversée dans sa partie comprise entre la ligne et le cap Horn, d'une haute chaîne de montagnes (les Andes), qui court à peu près nord et sud. Cette chaîne se perd par une pente rapide dans l'océan Pacifique, car à l'ouest, sa ligne de plus grande élévation n'est séparée que de trente lieues au plus de cet océan. De son côté est, au contraire, cette chaîne s'abaisse en une pente très-douce. Une bande de terre, de forme triangulaire, large, à Buénos-Ayres, d'environ 300 lieues, aux Amazones, de près de 600, la sépare de l'océan Atlantique. Cette vaste étendue est composée de grandes plaines coupées par des chaînes moins élevées que les Andes. Les vents sud-est arrivant par le côté de Buenos-Ayres, l'air, sur ce terrain, est obligé de monter graduellement jusqu'à la sommité des Andes. En montant, il doit se raréfier, perdre son humidité et arriver sec sur le sommet de ces montagnes. Il se dessèchera encore en descendant vers la partie basse du Chili et du Pérou, où le mouvement vers l'ouest le

force à passer. Aussi voit-on les parties basses du Chili et du Pérou, dans lesquelles le vent est règne constamment, être entièrement privées de pluies. La sécheresse de l'air y est telle que la plupart des plantes ne peuvent y croître sans être arrosées. C'est ce qui occasione ces immenses déserts qui bordent l'océan Pacifique depuis Coquimbo jusqu'à Payta, où la terre est sans eau et sans végétation, et qui sont connus sous le nom de *déserts* de *Huasco*, de *Copiapo*, d'*Atacama*, de *Calama*, de *Yquique*, *etc.*

Dans la partie de la côte ouest, au contraire, où le vent ouest domine, l'air, après avoir passé sur la masse immense des eaux de l'océan Pacifique, précipite, à son ascension sur les Andes, toute la vapeur dont il s'était chargé : de là ces pluies abondantes et presque continuelles que l'on remarque à Chiloë, à l'archipel de la Madre de Dios et sur toute la côte ouest de la Magellanie, qui n'est, pour cette raison, qu'un vaste marais.

Enfin, dans les parties intermédiaires, qui sont proprement le Chili, depuis Coquimbo jusqu'à Conception, il ne pleut jamais dans la saison des vents d'est, l'air alors étant trop sec; et les pluies y sont très-abondantes quand le vent d'ouest prédomine, l'air, dans cette saison, devenant très-humide.

Je ferai voir, dans un Mémoire spécial et détaillé, que l'on peut déduire les climats des diverses régions de l'Amérique, des modifications que la situation et la forme du terrain apportent aux mouvemens d'est et d'ouest imprimés à notre atmosphère par le soleil.

Les vents qui résultent de ces mouvemens, frottant

sans cesse la crête sinueuse des Andes, y occasionent un dégagement continuel et abondant de fluide électrique à l'état de tension. Lorsque ces sommités sont complètement arides, ce qui arrive souvent à cause de l'élévation des Andes, et surtout quand le vent d'est souffle, le fluide alors ne pouvant s'échapper ni par l'air qui est sec, ni par la terre qui n'est pas moins sèche, doit s'accumuler en très-grande quantité. Il est facile de vérifier ce fait, en se transportant sur ces montagnes, où il est pleinement annoncé par l'électromètre, par la répulsion des fils de soie, de poils d'animaux, par le nombreux dégagement d'étincelles qui a lieu au contact des étoffes de laine et même par les commotions que fait éprouver ce contact, etc.; mais la tension de ce fluide, ne pouvant subsister qu'autant qu'elle est plus faible que la résistance qu'apportent les corps non conducteurs à ce que la matière électrique se répande sur les grandes masses conductrices, qui sont les mers; et cette tension du fluide augmentant constamment, elle doit toujours finir par vaincre les obstacles que l'air et la terre lui opposent. Si elle fait rupture par l'air, ce ne sera, dans les parties où le vent d'est règne, que du côté est, puisque l'air de ce côté est plus humide que du côté ouest, et les orages en résulteront.

Si l'air est trop sec, même du côté est, la rupture se fera par les terres du côté de l'océan Pacifique, qui, étant beaucoup plus proche que l'océan Atlantique, offre à l'électricité un chemin plus court, et exerce une attraction plus forte. Le fluide alors passera par les veines métalliques, par les interstices humides de la terre, par les rivières, et par les sources ou dépôts d'eaux inté-

rieurs, s'ouvrant un passage forcé, quand il n'en trouvera pas de faits, et, occasionant alors, par de fortes décharges électriques, des vibrations du sol, des crevasses, des déchiremens, la volatilisation des corps qui en sont susceptibles, des compositions et décompositions chimiques, comme la combustion du soufre et de l'anthracite, l'oxidation et la désoxidation des métaux, en un mot, tous les phénomènes dont nous désignons les effets par les noms de tremblemens de terre, volcans en éruption, montagnes mugissantes (cerros bramadores). Ces phénomènes ne devront avoir lieu au nord du Chili, que quand le vent d'est y a soufflé de la manière la plus constante, c'est-à-dire, de novembre en avril.

Ce que nous venons de déduire de la théorie est une image exacte de ce qui se passe depuis des siècles dans l'Amérique méridionale. Du côté est des Andes, les tremblemens de terre sont inconnus, mais les orages y sont plus terribles que partout ailleurs. Rien n'est aussi majestueux qu'un grand orage dans la province de Cuyo. Le tonnerre y gronde, les éclairs y brillent pendant longtemps et à la fois dans toutes les parties de l'horizon. Du côté ouest des Andes, sur les terres où règne le vent d'est, c'est-à-dire dans le nord du Chili et dans le sud du Pérou, les orages sont inconnus, mais les tremblemens de terres exercent leurs ravages. Au Chili nord, c'est seulement pendant les mois où le vent est se fait sentir, de novembre en avril, que l'on éprouve les tremblemens; pendant six autres mois, ils ne se font pas sentir, et même, par fois quand le vent souffle avec force du côté de l'est, les orages atteignent le pied ouest des Cordilières.

Un accord si constant entre les faits et la théorie, établit une analogie que l'on peut presque assimiler à une évidence mathématique. Je crois donc pouvoir conclure qu'en Amérique, entre le 20e et le 34e degré de latitude sud, les tremblemens de terre ne sont que des orages souterrains; que les montagnes mugissantes, les éruptions et l'inflammation des volcans ne sont que les effets de ces orages, comme l'inflammation des forêts et des édifices, le brisement des murs sont quelquefois des effets des orages aériens.

Dans la crainte de me tromper, j'ai cru devoir restreindre ma théorie aux pays où j'ai long-temps séjourné et où j'ai pu observer moi-même les phémomènes auxquels elle s'applique; mais tout doit nous porter à croire que l'électricité, mise en action par le mouvement que le soleil imprime à notre atmosphère, est partout la cause première des tremblemens de terre et des volcans. Il en est sans doute de ces phénomènes comme de tous ceux que nous observons à la surface de ce globe. C'est seulement en vertu d'un premier mouvement imprimé par le soleil, que les autres forces, telles que l'attraction et l'affinité, peuvent produire, en agissant, de nouvelles combinaisons et de nouveaux résultats. Mais, sans cet astre, cause première de tous les mouvemens de l'air et [illegible] l'atmosphère, des orages, des tremblemens de terre et des volcans, de la vie animale et de la vie végétale, tout déplacement, tout changement, toute vie cesseraient bientôt sur notre globe.

Or, en admettant que les tremblemens, au Chili, soient occasionés par une trop grande quantité de fluide électrique accumulé sur la Cordilière par le vent, et

retenu par la sécheresse de l'air et de la terre, il devient évident qu'en faisant communiquer par le moyen de conducteurs métalliques bien disposés, les sinuosités de la crête des Cordilières, et principalement celles qui sont le plus frappées par le vent, avec l'Océan ou avec les rivières qui s'y jettent, l'on préviendrait l'accumulation du fluide à l'état de tension, et par suite des tremblemens de terre. De même qu'en favorisant, par des canaux, l'écoulement continuel de l'eau que les vents déposent sur les montagnes, l'on préviendrait les ravages que fait cette même eau en rompant les barrières qui ont causé cette accumulation (1).

Un aperçu que j'ai dressé de sommes que coûterait, dans certaines localités, l'établissement d'un semblable système de conducteurs, m'a donné lieu de penser que son exécution était possible, et que les frais en seraient moindres que l'intérêt des valeurs détruites par un fort tremblement de terre. Cette considération m'a engagé à publier ce Mémoire. C'est surtout par leurs applica-

(1) L'idée que les tremblemens de terre sont des phénomènes électriques est fort ancienne; mais les physiciens qui sont partis de cette base diffèrent beaucoup les uns des autres, concernant le mode d'action du fluide qu'ils mettent en jeu. Suivant M. Lambert, par exemple, comme on le voit dans le texte, c'est l'*électricité atmosphérique*, qui, en pénétrant brusquement dans le sein du globe, y produit de si grands désordres; tandis que Bertholon, au contraire, en 1779, attribuait les oscillations du sol à un dégagement d'électricité dirigé de la terre vers l'atmosphère. Aussi, lorsque M. Lambert établit des conducteurs métalliques à la surface du sol,

tions au bien-être et à la conservation des hommes que les sciences deviennent intéressantes. Puissé-je, par ces indications, avoir ouvert la route qu'il faudra suivre pour une vaste et bienfaisante extension de la découverte de l'immortel Franklin! L'égide dont il nous a couverts contre les faibles commotions que produisent les foudres aériennes, sera-t-elle suffisante contre les foudres souterraines dont la puissance incalculable peut ébranler les deux mondes à la fois? Par son heureuse influence, mettra-t-elle un terme aux ravages d'un fléau, source de désolations pour des pays qui, par la douceur de leur climat, la sérénité presque continuelle de leur ciel exempt d'orages, la fertilité de leur sol, la richesse de leurs mines, et l'avantage de leur position, doivent être comptés parmi les contrées du monde les plus favorisées de la nature? S'il en est ainsi, comme je cherche à l'établir, la pensée importante que je soumets, dans cet écrit, aux lumières des savans, recevra de leurs suffrages une autorité qu'il ne m'appartient pas de lui donner, et j'aurai recueilli le fruit le plus glorieux de mes faibles travaux, en appelant l'attention des maîtres

---

dans la vue de procurer un écoulement continu à l'électricité atmosphérique, Bertholon propose d'enfoncer dans la terre de très-grandes verges de fer, destinées à soutirer l'électricité surabondante qui s'y trouve accumulée, et à la répandre dans l'air. Malgré les titres pompeux de *para-tremblement de terre* et de *para-volcan* dont le physicien de Montpellier avait décoré ses appareils, à peine ont-ils excité quelque attention. Je présume que ceux de M. Lambert éprouveront précisément le même sort.

de la science sur le but vers lequel un ardent amour de l'humanité m'a fait diriger mes efforts.

Paris, mai 1824.

NOTE PREMIÈRE.

Pour mesurer la tension du fluide électrique, je me suis généralement servi du petit appareil suivant : je réunissais, après les avoir bien desséchés, quinze fils de soie tordue, je les attachais ensemble par une extrémité, et, prenant vers le nœud ce faisceau de fils de soie, je les tenais suspendus dans un lieu où le courant d'air était très-faible. Dans cet état, les fils extérieurs formaient une surface conique, tous ceux qui étaient rassemblés se repoussant plus ou moins en toutes directions, selon la plus ou moins grande tension du fluide. La quantité de cette même tension m'était donnée par la mesure de l'angle que faisaient les génératrices avec l'axe du cône.

Cet instrument est à peu de chose près l'électromètre ordinaire, avec la différence qu'il rend les résultats plus sensibles à l'œil, et qu'il est d'un transport facile à cheval, condition bien précieuse dans un pays où le peu de population et le manque total de ressources rendent les voyages extrêmement pénibles.

J'ai transporté plusieurs fois cette espèce d'instrument depuis les bords de l'océan Pacifique jusqu'au point le plus élevé de la route de Copiapo à la Rioxa. Cette gorge, qui, dans certaines années, reste couverte de neige, doit, selon M. de Humboldt, être au moins a 2000 toises de hauteur. J'ai remarqué dans ce voyage que la tension électrique était insensible sur les bords de la mer et dans la partie basse de la province de Co-

piapo ; qu'elle commençait à se faire sentir à environ 18 lieues de la mer, et qu'elle atteignait son *maximum* au sommet de la gorge où les fils extérieurs formaient avec l'axe jusqu'à un angle de 60°.

En faisant des observations journalières sur cet instrument, dans un point nommé *Las Amolanas*, où se trouvaient mes fourneaux de cuivre, j'ai vu que la tension électrique était à son plus haut point dans la saison des tremblemens de terre, surtout après que les vents d'est avaient soufflé, l'angle du cône était alors de 45° : j'ai vu encore que cette tension devenait presque insensible dans la saison où les vents d'ouest soufflent, et où il n'y a point de tremblemens de terre ; et qu'enfin elle disparaît entièrement quand le vent d'ouest a prédominé long-temps.

Las Amolanas sont à environ 1000 toises au-dessus du niveau de la mer. Cette estimation n'est qu'approximative, et déduite de ce que ce point se trouve au milieu de la ligne qui joint la gorge du chemin de la Rioxa à la mer.

Ces expériences, quoique faites avec un instrument grossier, suffisent cependant pour établir les deux conséquences suivantes :

1°. Qu'il existe presque constamment du fluide à un état considérable de tension, sur la partie la plus élevée des Cordilières ;

2°. Que cette tension augmente quand les vents soufflent de l'est, et diminuent quand ils soufflent de l'ouest ; qu'elle doit être en conséquence attribuée au frottement produit par le vent sec de l'est contre les sommités des Cordilières.

NOTE DEUXIÈME.

J'ai avancé que, dans la province de Copiapo, les tremblemens de terre ne se font sentir que de novembre en avril. Ce fait, qui, seul, prouve presque jusqu'à l'évidence, que l'on ne doit pas attribuer ces tremblemens à des causes souterraines, mais à des influences du soleil sur la terre et sur l'atmosphère, a été reconnu, dans cette partie de l'Amérique, par tous les hommes qui l'ont habitée. Il y est aussi constaté qu'il le peut être qu'en France les orages ne se produisent qu'en été. On est même, à Copiapo, dans l'usage de diviser l'année en trois parties, appelées *temporadas*, qu'on désigne respectivement par le fléau auquel le pays est assujetti pendant la durée de chacune d'elles.

La première *temporada*, qui se compose de janvier, février, mars et avril, se nomme *temporada des los temblores*, c'est-à-dire, *saison des tremblemens*.

La deuxième, qui comprend mai, juin, juillet et août, s'appelle *temporada de las pestas*, ou *saison des maladies*. C'est alors qu'il pleut quelquefois, et les pluies dans ces contrées étant peu fréquentes, elles occasionent ordinairement des fièvres putrides dans la classe pauvre qui n'a pas de maisons pour se mettre à couvert.

La troisième *temporada* est dite, *temporada de hambre*, *saison de la famine*; parce que ces mois étant ceux où la récolte de l'année précédente est consommée, et où celle de l'année actuelle n'est pas encore mûre, la classe pauvre souffre quelquefois du manque de blé.

Ce serait, à mes yeux, un si grand pas de fait vers la découverte de la cause des tremblemens de terre, que d'avoir établi qu'il y a quelque rapport entre ces effrayans phénomènes et le cours des saisons où les accidens météorologiques de la surface du globe, qu'en attendant la dissertation promise par M. Lambert, j'ai pensé devoir chercher moi-même si son opinion était justifiée par le peu de renseignemens que renferment les divers ouvrages sur l'Amérique dont j'ai pu prendre connaissance. Voici ce que je trouve déjà dans le *Traité de la figure de la terre* de Bouguer, page 74.

« Tout considéré, il me paraît, en me bornant au « fait simple, que, si on est exposé au Pérou dans tous « les temps à ces funestes phénomènes, on y est néan- « moins encore un peu plus sujet dans les derniers mois « de l'année. »

Les six plus forts tremblemens de terre que Lima eût éprouvés depuis sa fondation, au temps de Bouguer, étaient ceux de 1586, 1687 et de 1746, qui ruinèrent entièrement la ville; et les tremblemens de 1630, de 1655 et de 1678. De ces six phénomènes, quatre tombèrent en octobre et novembre. Deux seulement, les tremblemens de 1678 et de 1686, arrivèrent en juin et juillet. Des exemples aussi peu nombreux ne peuvent évidemment autoriser aucune conclusion générale.

Le n° VII *del Mercurio Chileno*, publié à Santiago du Chili et dont je suis redevable à la complaisance de M. Julien, renferme quelques résumés météorologiques de don Felipe Castillo Albo, où j'ai puisé les résultats suivans.

1822 ; tremblement de terre le 19 *novembre* à Santiago. Du 29 *novembre* au 10 *décembre*, 21 secousses très-fortes et 150 petites. On ne dit pas sur combien de jours ces secousses furent réparties.

1823 ; en *janvier*, 6 secousses ; en *juin* 2, et en *novembre*, 1.

1824 ; forts tremblemens le 15 *janvier*, à 6 h. du soir, et le 29 *août*, à 2 h. et à 9 h. du matin.

1825 ; fort tremblement le 12 de *juin*, à 2 h. du matin.

1826 ; forts tremblemens, le 22 *avril*, à 10 h. $\frac{1}{3}$ du matin, et le 13 *octobre*. Ce dernier, quant à l'intensité, sinon sous le rapport des dégâts, fut aussi considérable que le tremblement du 19 *novembre* 1822.

1827 ; faible tremblement, le 30 de *mai* ; tremblement également assez faible, le 5 *juillet*. (L'auteur avertit qu'il ne signale pas les secousses peu notables.)

1828 ; tremblement fort, le 4 *avril*, à 5 h. du soir ; fort le 10 *mai*, à 6 h. $\frac{3}{4}$ du matin ; léger le 21 *mai*, à 8 h. du soir, léger le 23 *mai*, à 3 h. du soir ; fort le 4 *juillet* à 10 h. $\frac{1}{2}$ du soir ; forts en *août*, le 10 à 1 h. 55 min. du matin, le 14, dans la matinée, et le 25 à 11 h. 40 min. de la nuit ; assez fort en *septembre*, le 23 à 9 h. 10 min. du soir.

Les tableaux de M. Albo n'appuient pas, ce me semble, ce principe avancé par M. Lambert, qu'au Chili les tremblemens de terre n'arrivent que dans certaines saisons. Quant à cet autre principe qu'à l'ouest de la Cordilière, les orages et autres phénomènes électriques sont à peine connus, voici ce que j'ai trouvé pour Santiago.

En 1813, grêle grosse et très-abondante, le 22 *jan-*

*vier*, entre 1 h. et 2 h. du matin. En 1824, grêle abondante, le 28 *septembre*. En 1825, grêle le 20 *juin*; le 17 *novembre*, tonnerre fréquent et très-fort. En 1827, tonnerre très-fort les 2 et 3 *mars*; le 5 *octobre*, grêle. En 1828, le 13 *mars*, grosse grêle accompagnée d'éclairs et de tonnerre jusqu'au soir; le 4 *avril*, tonnerre: le 23 *avril*, éclairs et tonnerre, et abondante grêle; le 20 *juin*, petite grêle; le 7 et le 8 *juillet*, tonnerre.

Si je devais supposer que les tableaux de M. Castillo Albo sont complets, il résulterait évidemment du recensement qu'on vient de lire, qu'au Chili, comme M. Lambert l'annonce, les phénomènes électriques sont très-peu fréquens. Au reste, l'attention une fois éveillée sur ce point, nous ne tarderons pas, j'espère, à recevoir des renseignemens propres à l'éclaircir de l'un des nombreux voyageurs qui traversent maintenant l'Amérique dans toutes les directions.

Le plateau de Janina, en Épire, est peut-être la région de l'Europe où les tremblemens de terre sont les plus fréquens. M. Pouqueville, qui l'a habité si longtemps, m'assure que les secousses ne s'étendent qu'à vingt lieues de la mer, qu'elles s'arrêtent au pied du Pinde, en sorte qu'on ne les ressent jamais dans le Polyanos et les hautes régions où les fleuves prennent naissance. Je ne m'arrêterai pas à discuter les opinions diverses qu'on trouve dans les ouvrages de Pline sur les circonstances qui, dans ces contrées, précèdent ou suivent ces funestes phénomènes; mais je placerai ici un tableau que j'ai formé d'après des journaux manuscrits dont je suis redevable à l'amitié de M. Pouqueville. Ce tableau montrera, je crois, qu'en Épire les tremblemens de

terre sont également possibles dans toutes les saisons, si l'on veut bien remarquer que le nombre 9 correspondant au mois de juillet, a été fourni par la seule année 1813. Le tableau, il importe de le noter, fait connaître le nombre de jours durant lesquels la terre a tremblé, et non pas le nombre total de secousses.

*Nombre des jours où l'on a ressenti des tremblemens de terre en Epire.*

| | 1807. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | Som. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janv. | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| Fév. . | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Mars. | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Avril. | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 8 |
| Mai. . | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 |
| Juin. . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| Juill. . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 9 |
| Août. | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 7 |
| Sept. . | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 8 |
| Oct. . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Nov. . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 5 |
| Déc. . | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 |

Somme totale en 10 ans = 63.

Le tableau suivant fera connaître le climat de Janina, sous le rapport des phénomènes électriques.

*Tableau du nombre de jours pendant lesquels le tonnerre s'est fait entendre à Janina.*

| | 1806. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15 | Som. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janv.. | . | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 12 |
| Févr. | . | 5 | 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 16 |
| Mars. | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | 16 |
| Avril. | 3 | 1 | 4 | 1 | 5 | 0 | 2 | 8 | 3 | 4 | 31 |
| Mai... | 7 | 6 | 2 | 8 | 12 | 12 | 11 | 9 | 1 | 6 | 74 |
| Juin.. | 7 | 3 | 4 | 8 | 2 | 10 | 8 | 7 | 6 | 3 | 58 |
| Juill.. | 4 | 4 | 13 | 4 | 8 | 9 | 8 | 3 | 12 | 1 | 66 |
| Août. | 9 | 1 | 10 | 6 | 3 | 5 | 2 | 5 | 9 | 2 | 52 |
| Sept.. | 6 | 3 | 0 | 4 | 1 | 5 | 2 | 0 | 4 | 6 | 31 |
| Oct... | 6 | 3 | 3 | 7 | 3 | 3 | 3 | 6 | 3 | . | 37 |
| Nov.. | 5 | 3 | 1 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 31 |
| Déc... | 1 | 3 | 8 | 5 | 1 | 4 | 0 | 0 | 1 | 3 | 26 |

Somme totale en 10 ans = 450.

---

## LETTRE *de M. Roulin à l'Académie des Sciences, en date du 4 mai 1829, sur les circonstances qui accompagnent les tremblemens de terre en Amérique, dans la république de Vénésuéla.*

LA communication faite par M. Arago dans la dernière séance, touchant le tremblement de terre ressenti à Dieppe, m'a rappelé plusieurs observations relatives à cet ordre de phénomènes que j'ai faites durant mon séjour en Amérique, et que je prends la liberté de mettre sous les yeux de l'Académie.

La petite ville de Mariquita, située dans la vallée de la

Magdeleine, par les 5° 14′ de lat. N., et 77° 22′ de long. O., est depuis un temps immémorial sujette aux tremblemens de terre. Quelquefois il se passe deux à trois ans sans qu'on en ressente un seul ; puis, après un été sec et chaud, les secousses recommencent ; elles augmentent d'intensité et de fréquence au point qu'on en a souvent dix à douze dans un même jour ; puis elles cessent presque tout-à-coup avec les premières pluies de l'hiver. Voilà du moins ce que me dirent les habitans lorsque je vins pour la première fois dans leur ville en 1824 ; et, en effet, cette année la chose se passa comme ils me l'avaient annoncé.

Dans les premiers jours, les secousses étaient si légères que souvent on avait besoin, pour les reconnaître, du bruit qui les accompagne habituellement. Ce bruit était, comme on l'a souvent dit, semblable au grondement d'un tonnerre lointain. Il semblait venir de l'extrémité de l'horizon ; mais dans quelle direction ? c'est ce qu'on ne pouvait dire ; et diverses personnes, au même moment, le rapportaient à des points diamétralement opposés.

Au bout de quelques jours les mouvemens augmentèrent d'intensité : chacun d'eux faisait craquer assez fortement la charpente des toits, et, à la fin de la saison, il y en eut d'assez forts pour mettre en branle les cloches de l'église et les faire sonner.

Presque toutes ces secousses ne furent point ressenties à Honda, ville qui, située dans la même plaine que Mariquita, n'en est éloignée que de cinq lieues vers l'est. Cette tranquillité du sol ne rassurait pas beaucoup les habitans de cette dernière ville ; en 1807, presque

toutes leurs maisons avaient été renversées, tandis que Mariquita, si fréquemment agitée, et dont les maisons d'ailleurs semblaient prêtes à tomber de vétusté, n'avait point reçu le moindre dommage.

D'après ce fait, et d'après plusieurs autres assez connus, on serait tenté de croire qu'il est certains terrains qui, par leur disposition, obéissent plus aisément aux causes de mouvement provenant de l'intérieur, et que cette facilité à céder aux impulsions rend les secousses moins nuisibles pour les édifices qui sont à leur surface.

Il y avait, en général, dans la propagation de ces mouvemens, une grande irrégularité, et souvent il me fut impossible, à de très-courtes distances, de constater les secousses correspondantes. A la fin de la saison sèche, lorsque les tremblemens étaient le plus forts à Mariquita, j'en ressentais de très-marqués à 14 et 15 lieues plus au nord. Le 17 décembre, à 6 h. 23 min., étant dans une forêt du pied de la Cordilière, assis à terre pour prendre le repas du soir, je fus violemment secoué, et j'entendis de toute part autour de moi les arbres morts tomber avec fracas. Cependant cette secousse ne fut pas remarquée à Mariquita ; mais le même jour, à 11 h. du soir, on avait eu le tremblement le plus fort de l'année, celui qui fit sonner les cloches.

J'eus l'occasion d'observer que des tremblemens de terre, même beaucoup plus généraux que ceux-là, n'altèrent point la marche du baromètre ; ainsi, lors du mouvement du 17 juin 1826, qui causa tant de mal à Bogota, j'étais à Mariquita, et j'avais observé la hauteur du mercure moins d'un quart d'heure avant la secousse : elle était la même que la veille à pareille heure. Cinq mi-

nutes après le mouvement j'observai de nouveau, et dès que les fluctuations causées par l'oscillation du tube furent arrêtées, je retrouvai exactement la même hauteur. L'instrument dont je me servais était un baromètre à niveau constant et pourvu d'un très-bon vernier.

A Bogota, il y avait eu deux secousses; on en ressentit deux aussi à Mariquita; mais l'intervalle, dans cette dernière ville, fut de 4 à 5 minutes : dans la première, environ 30″ seulement.

La durée des secousses n'est pas moins variable que celle des intervalles, comme je pus m'en assurer dans le tremblement de terre qui eut lieu l'année suivante (15 novembre 1827), et qui fut ressenti dans un rayon de plus de 30 lieues. J'étais alors à Bogota où la secousse renversa un grand nombre de maisons. Le mouvement cependant n'était pas aussi fort qu'on l'eût cru d'après les effets qu'il produisit. Si plusieurs personnes se virent en danger de tomber, cela tenait à ce qu'elles étaient prises de vertiges, accidens très-communs dans ces cas, qui ne tiennent pas toujours à la peur, et qu'on ne sait trop comment expliquer.

La secousse dura environ 30″ : je l'évaluai le lendemain en parcourant, montre en main et du même pas, les mêmes lieux que la veille. L'expérience fut répétée en ma présence par diverses personnes dans les lieux où chacune d'elles s'était trouvée, et donna les mêmes résultats. A Honda, 15 lieues plus à l'ouest, le mouvement observé à la montre fut de 5 minutes. Peut-être l'agitation du sol ne dura-t-elle pas aussi long-temps, et l'observateur se laissa-t-il tromper par les mouvemens

des corps ébranlés qui persistaient plus long-temps; mais aux mines de Santana, 6 lieues plus à l'est, il n'y eut pas la même cause d'erreur. L'observation fut faite en plein air par un médecin instruit, le docteur Cheyne, et par son frère, ancien officier de marine. Suivant eux, le mouvement fut très-sensible pendant 4 minutes. Enfin, à la Vega de Supia, de l'autre côté de la Cordilière centrale, à trente et quelques lieues à l'ouest de Bogota, M. Boussingault, dont le nom est assez connu de l'Académie, trouva que la durée fut près de sept minutes.

Les bruits qui accompagnèrent la secousse varièrent aussi suivant les lieux. A Bogota le bruit fut nul ou du moins très-faible; à Honda, il fut assez fort; il le fut plus encore à Santana, mais toujours comme un roulement continu, tandis qu'à La Vega de Supia, il fut accompagné de plusieurs détonnations violentes.

Quelques personnes, à Bogota, assurèrent avoir vu peu après le tremblement, et dans la direction du pic de Tolima, comme un globe de feu (*globo de fuego*). A cause de cette forme de globe, je ne fis pas grande attention à leur témoignage, et j'imaginai que c'était un embellissement ajouté à l'histoire, une réminiscence des globes de feu qui, dit-on, renversèrent à Jérusalem les ouvriers de Titus. Cependant je pense que peut-être le rapport méritait plus d'attention. Dans le n° de novembre 1828 du Mercure du Chili, je trouve le fait suivant : le 19 novembre 1822, à 10 h. 54 min. du soir, on sentit à Valparaiso un tremblement de terre assez fort; le 20 à 3 h. 10 min. du matin, on vit comme une boule de feu qui se dirigeait de la Cordilière vers la mer : on

pense qu'elle venait d'un volcan qui est à 20 lieues de distance.

Le pic de Tolima, dans la direction duquel on dit avoir vu cette masse de feu (car le mot de *globo*, j'y ai pensé depuis, s'applique quelquefois à des corps non sphériques), est aussi un volcan, et même un volcan actuellement en activité. De Santana j'ai vu, plusieurs matins de suite, la fumée s'en élever en colonne verticale. L'on n'avait observé, de mémoire d'homme, rien de semblable avant le tremblement de 1826. Comme cette montagne n'est visible que vers le lever du soleil, et que souvent il s'élève des brouillards de forme très-singulière, j'ai craint d'être la dupe de quelque illusion. Ne trouvant rien dans les traditions qui pût m'apprendre quelque chose sur l'état passé de ce volcan, j'ai cherché dans les anciens écrits, et j'ai été assez heureux pour trouver, dans une histoire inédite de la conquête, écrite en 1623, le détail très-circonstancié d'une éruption. C'était le 12 mars 1595; après trois violentes détonnations, on vit fondre tout-à-coup toute la neige du sommet; deux rivières qui prennent leur naissance près de là furent un moment arrêtées dans leur course, puis causèrent une inondation très-étendue, roulant avec leurs eaux des pierres ponces et des quartiers de rocs énormes. Leurs eaux furent infectées, et pendant quelque temps on n'y trouva aucun poisson. J'ai insisté sur l'existence de ce volcan, parce que, de tous ceux qu'on connaît, c'est le plus distant de la mer : il en est au moins à 40 lieues.

---

## Effets *d'un tremblement de terre.*

Le 30 mars 1828, le vaisseau de Sa Majesté Britannique, *le Volage*, était à l'ancre dans la baie du Callao, et fixé par deux fortes chaînes de fer. A sept heures et demie, un léger nuage passa sur le bâtiment, et aussitôt on entendit le bruit qui, dans ce pays, accompagne les tremblemens de terre, et qui ressemble à un tonnerre éloigné. Une secousse violente se fit sentir, et les personnes qui étaient à bord comparèrent ce mouvement à celui qu'on éprouve dans un chariot non suspendu, traîné rapidement sur un pavé inégal. Tout autour, l'eau siffla comme si l'on y eût plongé un fer rouge, et sa surface se couvrit d'une immense quantité de bulles, qui, en crevant, laissèrent échapper une odeur d'hydrogène sulfuré. Nombre de poissons morts apparurent flottants auprès du vaisseau. La mer, qui auparavant était calme et limpide, parut trouble et agitée, et le bâtiment roula d'environ 14 pouces sur chaque côté. C'est à ce moment que se fit sentir à terre le tremblement qui renversa une partie de la ville. En levant l'ancre de poupe, on trouva que sa chaîne, qui reposait sur un fond de vase molle, avait souffert une sorte de fusion dans une assez grande étendue, et à une distance de 25 brasses du bâtiment. Les chaînons, faits d'un excellent fer cylindrique de près de 2 pouces de diamètre, avaient été, dans cet endroit, comme étirés, de sorte qu'ils étaient longs de 3 ou 4 pouces, et épais seulement de 4 ou 5 lignes. Leur surface présentait de nombreuses cannelures irrégulières, dans l'intérieur desquelles étaient fixés de petits nodules de fer qu'on en détachait facilement.

La chaîne de la seconde ancre n'avait nullement souffert, et rien de semblable aussi n'était arrivé aux nombreux vaisseaux qui se trouvaient alors dans la rade.

(*Le Globe.*)

L'étirement de plusieurs anneaux de la chaîne, *ne prouve* pas que ces anneaux aient été chauffés jusqu'au rouge, quoique, à vrai dire, l'énorme diminution de diamètre dont on fait mention, semble bien difficile à expliquer.

---

EXTRAIT *d'une lettre écrite de Bakou, par M. le professeur Schulz, sur les tremblemens de terre de cette contrée.*

« Dans ce pays, la terre contient à sa surface tant de matières minérales, que la végétation en souffre, et qu'il se fait constamment des explosions de tous côtés. Depuis le commencement de janvier, on entend craquer les murs du Vieux-Chamachi, par suite des secousses de tremblemens de terre qui ont lieu *chaque nuit, de 2 à 3 heures*. L'été dernier, cette ville, qui par son étendue égale celle de Paris, a failli s'écrouler tout entière. Pendant les trois jours que j'y suis resté, il y eut cinq tremblemens de terre. Il est vrai qu'ils étaient bien plus faibles que celui que nous éprouvâmes dans la nuit à Nouveau-Chamachi, où des pierres et des poutres tombèrent avec fracas du haut des édifices : pour ma part, je fus renversé sur mon lit sens dessus dessous. Ces scènes de désolation, accompagnées du hurlement des chiens et des cris lamentables des Tartares, sont une chose

épouvantable. Une circonstance assez singulière, c'est que les secousses se bornent à des terrains de peu d'étendue. A quelque distance de Vieux et de Nouveau-Chamachi, on n'en éprouve point, et ici, à Bakou, il n'y en a pas eu de mémoire d'homme. On connait les sources de Naphte de cette contrée, ainsi que les flammes de gaz qui, brûlant sans cesse, présentent mille avantages domestiques, et attirent les *Parsis* ou sectateurs du culte de Zoroastre, de la Perse et de l'Inde. Le soir, ces feux éternels, sacrés pour eux, éclairent tout l'horizon. ». ( *Universel.* )

---

### DÉBACLE *des glaces australes.*

La débâcle des glaces australes dont j'ai déjà parlé en 1828, s'est continuée en 1829, comme on le verra par la note suivante que j'emprunte au *Globe.*

Une débâcle extraordinaire a eu lieu, en 1829, dans les glaces du pôle antarctique. Dès la fin d'avril, des navires anglais ont rencontré, à cent lieues du cap de Bonne-Espérance, des glaces flottantes d'une énorme grandeur. Le bâtiment de la compagnie des Indes le *Farquharson*, étant par 39° 13' de latitude, et 48° 46' de longitude, vit deux montagnes de glaces, hautes de 150 pieds, et ayant deux milles de circonférence. Leurs flancs étaient profondément fissurés, et offraient, dans des endroits, l'aspect brillant que présente le sucre raffiné, tandis que, dans d'autres, ils avaient l'apparence d'un rocher calcaire, ou celle que l'on observe dans les falaises d'une terre très-élevée. Ces montagnes étaient

environnées de bancs de glace qui paraissaient en être des fragmens détachés, et sur lesquels la mer se brisait avec fureur.

---

### Chute *d'aérolithes.*

Dans la nuit du 14 août 1829, il est tombé des aérolithes, aux États-Unis, dans le New-Jersey, près de Deal. La chute fut précédée, vers minuit, d'un météore lumineux qui s'éleva d'abord comme une baguette d'artifice, *décrivit ensuite une courbe*, et éclata. Il y eut douze à treize explosions semblables à des décharges de mousqueterie et accompagnées de scintillations.

La surface des pierres qu'on a recueillies est noire, unie et irrégulière. Leur intérieur, d'un gris clair, est parsemé de grains métalliques.

---

### Trombes *en* 1829.

Le 15 août, il s'est formé sur la ville de Gorschoff, en Russie, par un temps couvert, mais calme, une trombe qui dans son mouvement était accompagnée d'une forte grêle et d'un bruit extraordinaire, et qui a tout détruit sur son passage, dans une largeur de 40 toises. Des habitations ont été renversées; beaucoup de grands édifices ont perdu leurs toits, quoique la plupart fussent en fer; enfin, on a vu ce météore déraciner les plus grands arbres et les transporter à la distance de 10 verstes. Hors de la ligne que la trombe parcourait, tout était calme, les feuilles des arbres ne remuaient même pas.

---

## Sur *une trombe d'air remarquable, accompagnée d'un météore lumineux, qui a été observée, le 25 juin 1829, dans les environs de Trèves.*

Communiqué par le professeur Nöggerath.

(*Jahrbuch der Chemie und Physik.* Schweigger.)

J'ai décrit, dans les archives de Kastner pour les sciences naturelles (année 1824), le phénomène parfaitement observé, d'une trombe d'air qui se montra dans les environs de Bonn, et qui, en traversant le Rhin, devint une trombe d'eau. Je dois à la complaisance du professeur Grossmann de Trèves, l'annonce détaillée d'un phénomène du même genre et non moins remarquable. Celui-ci s'est manifesté dans le pays de Trèves le 25 juin 1829; et, comme le premier, il a, dans sa route, traversé une rivière, la Moselle. A la vérité, la description ne dit pas, d'une manière aussi positive, si, dans ce passage, la trombe a aspiré et entraîné de l'eau avec elle. Toutefois on est conduit à le penser, et par l'analogie et par ce qu'il est rapporté que l'eau s'éleva en une haute colonne. Mais, au reste, ce phénomène a présenté une circonstance remarquable, qui peut-être, dans des cas analogues, ou n'a jamais eu lieu, ou n'a jamais été observée : c'est que cette espèce de fumée ou de vapeur qui forme la trombe paraissait en partie lumineuse ou ignée, et qu'elle a fini avec les apparences d'un météore bien tranché. Puisque je ne fais ici que transmettre la description détaillée de la marche du phénomène, copiée textuellement dans une lettre de M. Grossmann, je ne dois pas omettre de dire

que, depuis plusieurs années, ce professeur s'est occupé d'observations météorologiques exactes et de la science météorologique dans toute son étendue; que par conséquent tous les phénomènes de cette classe lui sont bien connus, et que ses communications sur ce sujet méritent toute confiance, d'autant plus qu'il m'a spécialement marqué que ses informations résultent de l'audition d'un grand nombre de témoins pris sur les lieux mêmes. La description suivante ne confirme pas peu l'idée que cette sorte de météore est du nombre de ceux où l'électricité joue un grand rôle, il me sera donc permis de signaler les remarques explicatives du professeur Pohl, auxquelles ma première publication sur le même sujet avait donné lieu.

Trèves, le 30 juin 1829.

« Après une sécheresse qui avait duré ici plusieurs semaines, une pluie agréable est venue enfin nous soulager le 16 juin : elle a continué par intervalles le 17 et le 18. Du 20 au 24, par un vent constant de nord-est, le thermomètre était remonté à 19-25° (Réaumur). Quoique, le 24 au soir, le baromètre étant à la hauteur assez grande de $27^{p}.\ 9^{l},1$, une légère pluie d'orage eût fortement rafraîchi le temps, il était redevenu très-chaud le 25, avant comme après une pluie tombée vers 11 heures du matin; le sol était pour ainsi dire en feu. Le baromètre était descendu à $27^{p}.7,8$.

« Vers 2 heures de l'après-midi, une lieue au-dessous de Trèves, à l'est-nord-est de Ruwer et de Pfalzel, à environ 20° au-dessus de l'horizon, un phénomène se montra, qui frappa d'étonnement et mit pendant une

demi-heure dans une attente inquiète un grand nombre d'hommes qui étaient occupés au dehors.

« Le ciel, à la suite de la pluie qui venait d'avoir lieu, était encore couvert, lorsque, tout-à-coup, du milieu d'un nuage noir qui s'élevait de l'est-nord-est, une masse lumineuse commença à se mouvoir en sens contraire, et à le déchirer violemment. Le nuage prit bientôt, vers le haut, la forme d'une cheminée, de laquelle se serait échappé une fumée d'un gris blanchâtre, assez mélangée par intervalles de jets de flamme, et s'élevant par plusieurs ouvertures avec autant de force, ainsi l'exprimèrent un certain nombre de témoins, que si elle avait été chassée avec la plus grande vivacité par plusieurs soufflets.

« Le météore était arrivé au-dessus des vignes de Disburg et vis-à-vis Ruwer, lorsqu'à quelque distance plus au sud, sur la rive droite de la Moselle, tout-à-fait en contact avec le sol, un nouveau météore, comme il sembla à plusieurs individus, apparut d'une manière effrayante. Il dispersa des masses de charbon de terre entassées autour d'un arbre, renversa un ouvrier d'un four à chaux qui se trouvait là, et se précipita à travers la Moselle avec un fracas épouvantable, comme si un grand nombre de pierres se heurtaient ensemble. L'eau s'élança en une haute colonne.

« Roulant avec le même fracas (1), ce dernier mé-

(1) Le même fracas accompagnait le météore de Bonn : les uns le comparèrent au bruit d'une voiture pesamment chargée, roulant avec peine sur un chemin couvert de pierres ; d'autres, à un bruissement sourd.

téore, toujours à terre, se dirigea de la Moselle à travers les campagnes de Pfalzel, laissant des traces évidentes de sa route en zigzag à travers les champs de blé et de légumes. Une partie des légumes fut entièrement détruite, une autre partie couchée et hachée, le reste enlevé au loin dans les airs.

« Plusieurs femmes près desquelles passa le météore s'évanouirent; d'autres, plus éloignées, se cachèrent ou s'enfuirent en criant, tous les champs sont en feu. Deux ouvriers, qui étaient montés sur un arbre, observèrent le météore dans tout son trajet; un autre eut même la pensée courageuse de le suivre, et cela était facile en marchant d'un pas ordinaire. Mais, dans un des zigzags qu'il décrivait, le météore l'enveloppa tout-à-coup. Il se sentit tantôt tiré en avant, tantôt violemment soulevé. Il se pencha en s'appuyant fortement à terre avec ses outils; mais il n'en fut pas moins jeté à la renverse. Le tourbillon cependant l'abandonna et continua sa route.

« Il ne se souvient d'aucune impression particulière qui aurait affecté, soit l'odorat, soit le goût, mais seulement d'un bruit assourdissant. Il affirma qu'il y avait deux courans, dont l'un s'élevait obliquement, entraînant les tiges et les épis avec d'autres corps légers; l'autre avait une direction contraire.

« La route que le météore s'était frayée à travers les champs avait, suivant différens rapports, de 10 à 18 pas de largeur sur une longueur de 2500 pas. Sa forme était à peu près conique; sa couleur tantôt gris-blanc ou jaune, tantôt brun obscur, le plus souvent celle du feu. Le premier météore était en l'air au-dessus

de celui-ci, à peu près parallèle, en avant vers le nord. Il présenta, pendant environ 18 min., une grande masse d'un gris blanchâtre, qui semblait souvent vomir de la fumée rouge de flamme, et qui, vue à la distance d'environ une demi-lieue, avait la forme d'un serpent de 140 pas de long, dont la tête était vers le nord-nord-est, la queue à l'opposite.

« En 8 à 10 minutes de temps, la queue s'était changée déjà en s'abaissant. Au moment où elle allait toucher la tête, tout le phénomène disparut, et en même temps aussi le météore inférieur, sans que ni de la partie élevée en l'air, ni, comme l'assure un témoin oculaire, de la partie inférieure il y eût aucune explosion (1). Mais alors une odeur de soufre très-puante se répandit sur toute la campagne (2). Presque aussitôt un

---

(1) Des apparences lumineuses ont bien été observées dans d'autres trombes d'air et d'eau, mais seulement comme des éclairs. Ainsi on voyait de temps en temps des éclairs électriques jaillir d'une trombe d'air si désastreuse dans ses effets, décrite par Lampadius. (*Atmosphærologie Freib.* 1806, page 167.) Lors de la disparition de la trombe d'air dont j'ai parlé (*Kastner*, etc.), on a vu, mais confusément, un météore igné. Je ne me rappelle pas, du reste, avoir vu nulle part, dans un cas semblable, la relation d'un phénomène lumineux comparable à celui de Trèves. (*Nöggerath.*)

(2) A la suite de la trombe d'air qui régna dans l'Erzgebirge (Lampadius), plusieurs personnes crurent aussi avoir remarqué une odeur de soufre. Une trombe d'eau observée et décrite par le professeur Wolke (*Annales* de Gilbert, t. II, p. 485), et qui passa sur un vaisseau dans le golfe de Fin-

orage éclata sur les bois situés au nord-nord-ouest du lieu où s'était montré le météore, et fut accompagné d'une grêle à grains extraordinairement gros (1).

« Le soleil ne parut point pendant tout ce temps, à ce qu'affirment la plupart des spectateurs. Il n'y avait aucun souffle de vent.

« Le météore supérieur fut aperçu de Gutweiler, Cassel et autres endroits, comme aussi de Trèves. Il paraît être descendu des hauteurs de *Hochwald*. »

---

lande, laissa aussi, après son passage, une odeur de soufre et de salpêtre. (*Nöggerath.*)

(1) Horner (*Gilbert*, t. LXXIII, p. 95) assigne comme une propriété des trombes, qu'elles sont toujours accompagnées d'orages locaux et de phénomènes électriques, tandis qu'elles ne se rencontrent point dans les orages très-étendus. Des chutes de pluie, et surtout de grêle, ont lieu très-souvent, soit avant ou pendant la formation des trombes, soit immédiatement ou un temps très-court après leur disparition. Ainsi il plut et il grêla pendant une heure, après l'apparition de cette trombe d'air observée à Messeling, près de Bonn, en 1824. (Kastner, *loco citato.*) Ainsi il grêla avant l'apparition de la trombe d'air décrite par Lampadius, et citée dans la note précédente. Pendant l'existence de cette trombe d'eau que Michaud, à Nizza, voyait de terre à la surface de la mer (*Gilbert*, vol. VII, p. 54), une violente averse de grêle, avec des grains de la grosseur de balles de fusil et de pistolet, éclata sur les fenêtres. On pourrait citer un grand nombre d'observations semblables.

## Sur *la salure de l'eau de la mer Méditerranée.*

Les navigateurs ont reconnu qu'il règne constamment dans le détroit de Gibraltar un courant supérieur et assez rapide, dirigé de l'ouest à l'est. Comme ce courant semblerait devoir, à la longue, élever le niveau de la Méditerranée, on a songé depuis long-temps à se débarrasser de toute cette eau surabondante, en supposant qu'elle passait, par voie d'évaporation, dans l'atmosphère, d'où ensuite les vents la transportaient sur les continens voisins, à l'état de vapeurs ou de nuages. Cette hypothèse, dont on croyait augmenter la probabilité en faisant remarquer combien les côtes septentrionales de l'Afrique sont étendues et brûlantes, donne lieu à une objection sérieuse : l'eau du courant, en effet, pourrait s'évaporer; mais le sel qu'elle tenait en dissolution devrait se précipiter sur place, en sorte que la salure de la Méditerranée aurait fini par devenir très-considérable comparativement à celle de l'Océan. Depuis qu'on a constaté par des observations directes qu'il y a, au détroit de Gibraltar, un courant inférieur, dirigé de l'est à l'ouest, qui transporte dans l'Océan une partie des eaux de la Méditerranée, la constance du niveau et de la salure de cette dernière mer n'offre plus rien qui doive surprendre. Il était toutefois curieux de rechercher quelles seraient les propriétés des eaux dont ce contre-courant se compose. Dans cette vue, le Dr Marcet avait remis au capitaine W. H. Smith un appareil à l'aide duquel on peut puiser de l'eau à telle profondeur qu'on le désire. Malheureusement les nombreux échantillons que ce

officier avait recueillis furent remis, par suite de la mort inopinée du Dr Marcet, à des personnes qui n'en tirèrent pas tout le parti désirable. Trois seulement de ces échantillons, étant venus, par hasard, en 1827, dans les mains du Dr Wollaston, furent analysés, et lui donnèrent les résultats suivans :

| Numéros des échantillons. | Latitude du lieu où on l'a pris. | Longitude. | Profondeur en brasses. | Pesant. spécifiq. | Quantité de sel sur 100 d'eau. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 38°.30′ | 4°.30′ E. | 450 | 1,0294 | 4,05 |
| 2 | 37 .30 | 1 . 0 E. | 400 | 1,0295 | 3,99 |
| 3 | 36 . 0 | 4 .40 O. | 670 | 1,1288 | 17, 3 |
| Gibraltar. | 36°. 7′ | 5°.22′ O. | | | |

Les longitudes sont comptées de Greenwich.

Avant d'être pesés, les résidus salins avaient été chauffés jusqu'à 150° centigrades.

On voit, dans ce tableau, que les échantillons nos 1 et 2, pris à 680 et à 450 milles environ à l'est du détroit, mais seulement aux profondeurs de 450 et de 400 brasses, n'avaient pas une densité supérieure à celle de l'eau de mer ordinaire; on y aperçoit, en même temps, que l'eau puisée à 670 brasses, à 50 milles à l'est du détroit, laissait un résidu salin quatre fois plus considérable que l'eau commune. Ainsi, dans la Méditerranée, il existe, vers le fond, de l'eau fortement chargée de sel. Un courant inférieur, dirigé de l'est à l'ouest et

formé de cette eau plus dense, reporterait donc dans l'Atlantique tout le sel qu'y avait amené le courant supérieur, quand même sa vitesse serait quatre fois moindre, pourvu qu'il égalât ce dernier courant en largeur et en profondeur.

Je montrerai bientôt que l'existence d'un courant inférieur dirigé de l'est à l'ouest, ou de la Méditerranée vers l'Océan, est le seul moyen d'expliquer les observations des températures de la mer faites par divers observateurs.

---

## Sur *le décroissement de la température atmosphérique dépendant de la hauteur*.

La recherche de la loi suivant laquelle la température atmosphérique décroît avec la hauteur au-dessus du niveau de la mer, a déjà exercé un grand nombre de physiciens, et cependant on ne saurait dire, à beaucoup près, qu'elle soit épuisée. Nous serions bien plus avancés à ce sujet, si, depuis le voyage *ad hoc* fait par M. Gay-Lussac, on avait songé à profiter de la bonne volonté de tant de personnes qui, à Paris, se sont élevées en ballon. En attendant des observations de cette espèce, recueillons du moins celles qui ont été faites sur des montagnes assez isolées, pour qu'on puisse supposer qu'à leurs sommets régnait à peu près la température de la couche atmosphérique libre placée à la même hauteur. C'est dans cette catégorie que je crois pouvoir ranger les

observations du mont Ventoux, près d'Avignon, dont on est redevable au docteur J. Guérin, conservateur du Muséum Calvet. L'intéressant ouvrage dans lequel ce physicien distingué vient de consigner les résultats de ses laborieuses recherches, nous fournira, plus d'une fois, l'occasion de signaler son zèle infatigable.

Par une moyenne entre les déterminations obtenues dans un grand nombre de voyages au Ventoux, M. Guérin a trouvé que, pour observer dans l'atmosphère une diminution de 1° Réaumur, il faut :

| | | |
|---|---|---|
| En été, s'élever de | 80 toises | (156 mèt. pour 1° centig.) |
| En hiver, de ...... | 100 | (195 mèt. pour 1° centig.) |
| Et dans les saisons intermédiaires, de | 90 | (174 mèt. pour 1° centig.) |

---

*Déclinaison de l'aiguille aimantée en* 1829.

La déclinaison de l'aiguille aimantée a continué à diminuer en 1829. Ainsi il paraît décidé maintenant que le mouvement rétrograde qu'on a commencé à reconnaître en 1816 n'est pas une simple irrégularité accidentelle semblable à celles dont les anciennes observations avaient déjà offert quelques exemples, mais bien que le pôle nord de l'aiguille qui, depuis 1666, s'était continuellement écarté du méridien vers l'ouest, s'en rapproche maintenant chaque année. Les dix mille observations destinées à faire connaître la valeur de ce mou-

vement jusqu'à la précision des secondes, pour chacun des mois de 1828 comparés aux mois correspondans de 1829, n'étant pas encore entièrement calculées, je me contenterai de dire, en nombre rond, que de novembre à novembre la rétrogradation a été d'environ deux minutes et demie.

Le samedi 3 octobre 1829, à deux heures trois quarts de l'après-midi, j'ai trouvé, à l'extrémité du jardin de l'Observatoire, loin de toute masse de fer qui aurait pu altérer le résultat,

$$22^{\circ}\ 12'\ 5'',$$

pour la déclinaison occidentale absolue.

Dans l'excellente boussole de M. Gambey dont je me suis servi, l'aiguille est suspendue à un fil de soie sans torsion.

---

*Inclinaison de l'aiguille aimantée.*

Pendant que l'aiguille de déclinaison revient sur ses pas, l'aiguille d'inclinaison continue à se rapprocher graduellement de l'horizontale.

Par une moyenne entre de nombreuses observations que j'ai faites dans le jardin de l'Observatoire royal, les 12, 21, 22 et 24 juin 1829, soit dans le méridien magnétique, soit dans des azimuths rectangulaires, et à l'aide de deux aiguilles différentes, l'inclinaison, qui

correspondait à deux heures trois quarts de l'après-midi, s'est trouvée être

67° 41',3.

---

Sur *la hauteur absolue des cimes les plus remarquables de la Cordilière des Andes au Pérou.*

De tout temps on a désiré savoir quelle était la plus haute sommité dans chaque chaîne de montagnes, quelle était la plus haute montagne dans chaque pays, dans chaque continent, dans le monde entier. Les observations astronomiques ont même permis d'étendre cette recherche à la Lune, à Mercure et à Vénus. On a récemment étudié ces trois astres avec tant de soin, avec des instrumens si puissans, qu'il semble difficile d'ajouter à la précision qu'on a déjà obtenue dans la détermination de la hauteur des prodigieuses montagnes dont leur surface est couverte. Les aspérités de la terre ont été aussi l'objet de recherches assidues. Le nombre de points dont l'élévation au-dessus du niveau de l'Océan se trouve irrévocablement fixée est très-considérable, et néanmoins, sans parler ici des contrées où les géographes n'ont pas encore pénétré, il serait difficile de dire avec certitude, pour l'Himalaya, pour le Caucase, pour les Cordilières américaines, et même pour quelques chaînes d'Europe, si l'on a véritablement mesuré les points culminans. Ce n'est pas qu'en tout lieu le voyageur n'ait dirigé son attention sur les sommités *qui lui paraissaient*

les plus élevées; mais malheureusement, en ce genre, les apparences sont souvent trompeuses, et rien ne saurait suppléer à une mesure effective. L'isolement plus ou moins grand d'une montagne, l'inclinaison de ses flancs, sa distance, la forme, la disposition et la hauteur des terrains environnans, l'état de l'atmosphère enfin, sont autant de causes d'illusion dont l'obervateur le plus exercé ne saurait s'affranchir, et qui disparaissent seulement devant le baromètre et les instrumens géodésiques. S'il fallait citer des exemples à l'appui de ces réflexions, ils ne manqueraient pas. Ainsi, je pourrais dire qu'au commencement du dix-huitième siècle on regardait encore généralement le pic de Ténériffe comme la plus haute montagne du monde (*voyez* la *Géographie* de Varenius, revue par Newton), quoique les Alpes suisses renfermassent des sommités qui le surpassent de près d'un tiers, quoique des milliers de voyageurs, revenant du Pérou, eussent aperçu la grande Cordilière des Andes, et visité même des villes populeuses établies sur des plateaux beaucoup plus élevés que le pic. Je pourrais faire remarquer aussi que les Pyrénées avaient été parcourues par de savans académiciens munis de grands instrumens, qu'on donnait encore le Canigou pour la plus haute sommité de la chaîne, tandis que nous savons aujourd'hui non-seulement que la Malahite, le Mont-Perdu, le Cylindre, etc., le surpassent de 600 mètres, mais encore, d'après les observations récentes de M. Coraboeuf, qu'à une petite distance de cette montagne, dans les limites mêmes du département des Pyrénées orientales, il existe des sommités de près de





140 mètres plus élevées, etc. Il ne faut donc pas s'étonner si de temps à autre certains pics descendent du rang qu'on leur avait assigné. Le Mont-Blanc lui-même, depuis si long-temps en possession de la première place dans le système des montagnes européennes, a failli à la perdre à la suite d'une mesure imparfaite des sommités du Mont-Rose. Aujourd'hui c'est le tour du Chimborazo. Cette montagne, si célèbre par les travaux de Bouguer, de la Condamine, et surtout par ceux de M. de Humboldt, n'est pas la plus haute sommité du globe, comme on le supposait depuis tant d'années : les mesures de l'Himalaya l'ont déjà prouvé; mais elle n'est pas même, à beaucoup près, la plus haute cime des Cordilières. M. Pentland vient de le reconnaître de la manière la plus évidente dans un voyage très-intéressant, dont tous les amis des sciences désirent la prompte publication. En attendant, je dois à la complaisance de ce savant géologue, les notes manuscrites d'après lesquelles il m'est permis de communiquer au public une partie des découvertes qu'il a faites.

La grande masse des Andes, depuis le 14ᵉ jusqu'au 20ᵉ degré de latitude sud, est partagée en deux chaînes ou Cordilières parallèles, entre lesquelles se trouve une vallée fort étendue et très-élevée. L'extrémité sud de cette vallée est traversée par la rivière Desaguadero. Au nord existe le fameux lac de Titicaca, d'une étendue égale à environ vingt-cinq fois celle du lac de Genève. Les rives du Titicaca formaient la partie centrale de l'empire des Incas. C'est dans une des îles de ce lac que Manco-Capac était né; c'est là qu'on trouve les plus beaux

restes des monumens élevés par les Péruviens au temps de leur antique civilisation.

La Cordilière occidentale, celle que dans le pays on nomme la *Cordilière de la côte*, sépare la vallée du Desaguadero (le Thibet du nouveau monde, comme l'appelle M. Pentland), et le bassin du lac de Titicaca, des rives de la mer Pacifique. Cette chaîne renferme plusieurs volcans actifs, tels que Sehama, le volcan d'Arequipa, etc.

Quant à la Cordilière orientale, elle sépare la même vallée des immenses plaines des Chiquitos et Moxos, et les affluens des rivières Beni, Mamoré et Paraguay, qui se jettent dans l'océan Atlantique, de ceux du Desaguadero et du lac de Titicaca. Cette Cordilière orientale est renfermée dans les limites de la nouvelle république de Bolivia. C'est là que se trouvent l'Illimani et le Sorata, les plus hautes sommités mesurées par M. Pentland. Non-seulement, comme on va le voir, elles surpassent le Chimborazo, mais elles approchent même des principales cimes de l'Himalaya.

M. Pentland n'ayant pu gravir entièrement ni l'Illimani, ni le Sorata, à cause des immenses glaciers dont leurs flancs sont couverts, a mesuré la hauteur des sommets à l'aide d'opérations trigonométriques.

Pour l'Illimani, les triangles étaient appuyés sur une base mesurée le long d'un lac situé au pied même de la montagne, et dont la hauteur au-dessus de la mer avait été déterminée barométriquement. Les angles d'élévation surpassaient 20°.

La hauteur du Sorata se fonde sur une opération exécutée le long des rives du lac de Titicaca; mais cette opéra-

tion ayant fait connaître seulement de combien le sommet de la montagne se trouve au-dessus de la ligne marquant la limite inférieure des neiges perpétuelles, pour avoir l'élévation absolue, il a fallu emprunter la coordonnée verticale des neiges à d'autres points de la même chaîne où une mesure immédiate avait été possible. Ainsi on voit que la hauteur du Sorata a été obtenue moins directement que celle de l'Illimani. M. Pentland s'est assuré que l'erreur, si elle existe, doit être très-légère, et qu'en tout cas on ne trouvera pas qu'elle soit en excès. Si l'on excepte maintenant trois ou quatre autres points parmi ceux qui figurent dans les tableaux suivans, toutes les autres déterminations de hauteur sont le résultat de mesures barométriques, répétées fort souvent avec d'excellens instrumens de M. Fortin.

---

*Élévation de quelques montagnes du Haut-Pérou au-dessus du niveau de la mer.*

CORDILIÈRE ORIENTALE.

*Nevado de Sorata* .................. 7696m (*)

Cette montagne forme la plus haute sommité de la Cordilière orientale. Elle

---

(*) Voici quelques termes de comparaison :

Le Javahir de l'Himalaya .................... 7847m

Le Dhawalagiri paraît plus haut, mais la mesure n'est pas aussi certaine.

Le Chimborazo des Andes de Quito .......... 6530

prend son nom de celui du village de Sorata, situé dans le voisinage. Nevado, en espagnol, signifie couvert de neige.

*Nevado de Illimani*.................. 7315m

L'Illimani est à l'est-sud-est de la ville de la Paz. M. Pentland a mesuré le pic septentrional du massif. Le pic méridional lui a semblé encore un peu plus élevé.

Montagne ou *Cerro de Potosi*....... 4888m

C'ést la fameuse montagne métallifère qui a donné son nom à la ville voisine.

Le plus haut point du Cerro de Potosi où les mines soient exploitées, est à 4850m

On voit, par ce nombre, que les mineurs ont porté leurs travaux sur la montagne du Potosi, à une hauteur supérieure à celle du Mont-Blanc.

CORDILIÈRE OCCIDENTALE.

Montagne de *Tacora* ou *Chipicani*.... 5760m

Tacora est une des montagnes couvertes de neige qu'on aperçoit du port d'Arica, dans l'océan Pacifique. Sa face orientale présente un cratère éteint, très-

---

| | |
|---|---|
| L'Elbruz du Caucase (d'après M. Kupffer).... | 5002m. |
| Le Mont-Blanc des Alpes de Savoie.......... | 4810 |
| Le pic de Ténériffe......................... | 3710 |
| Le Mulahasen des montagnes de Grenade (Espagne).............................. | 3555 |
| La Malahite des Pyrénées................. | 3481 |

étendu et à moitié éboulé. Du côté occidental, il y a une solfatare d'où s'élève une grande quantité de vapeurs acides. C'est à leur condensation que les eaux du Rio Azufrado doivent les propriétés d'où la rivière a tiré son nom.

Montagne de *Pichu-Pichu*.......... 5670$^{m}$

Cette montagne trachytique est au nord d'Arequipa. Elle pénètre dans la zone des neiges perpétuelles. Un petit lac existe sur sa face nord-est.

Volcan d'*Arequipa*................ 5600$^{m}$

Le volcan d'Arequipa est au nord-est de la ville. C'est le cône volcanique le plus parfait et le plus pittoresque de toute la chaîne des Andes. Son sommet est à plus de 3000 mètres au-dessus de la vallée d'Arequipa, et à environ 1500 mètres de sa base. Le cratère qui le termine est grand, mais peu profond. Il en sort constamment des vapeurs et de petites quantités de cendres, mais il n'a pas fait d'éruption depuis l'arrivée des Espagnols en Amérique.

Le volcan situé quelques milles à l'E.-S.-E. de celui d'Arequipa est moins élevé; il s'appelle le volcan d'*Uvinas*; son immense cratère est actuellement éteint. C'est de ce volcan que partirent, dans le 16$^{me}$ siècle, les immenses quan-

tités de cendres qui ensevelirent presque totalement la ville d'Arequipa, et produisirent les effets les plus désastreux dans la contrée environnante.

Montagne d'*Inchocajo*............. 5240m

Cette montagne est située près de la source de la rivière du même nom, qui, après avoir traversé Arequipa, se jette dans l'océan Pacifique.

Le sommet de l'Inchocajo est placé sur la limite des neiges perpétuelles dans cette région de l'Amérique.

PASSAGES OU COLS DES DEUX CORDILIÈRES.

Passage des *Altos de los Huessos*... 4137m

Ce passage est sur la base méridionale du volcan d'Arequipa. Le nom qu'il porte tient à ce qu'on y trouve une grande quantité d'ossemens de bêtes de somme mortes pendant la traversée : *huessos*, en espagnol, signifie *os*, *ossemens*.

Passage de *Tolapalca*............. 4290m

Route d'Oruro à Potosi.

Passage de *Gualillos*............ 4520m

Route de la Paz à Arica.

Passage de *Paquani*.............. 4641m

Cordilière orientale.

Passage de *Chullunquani*.......... 4758m

Cordilière orientale.

Passage des *Altos de Toledo*......... 4783$^{m}$

Je rappellerai, comme termes de comparaison, que, dans les Alpes, le passage de la Furka est à 2530 mètres; celui du col de Seigne à 2460; et qu'enfin le mont Cenis et le Simplon ne sont qu'à 2066 et 2005 mètres.

CITÉS DU PÉROU ET DE BOLIVIA.

*Lima*, capitale du Pérou.......... 156$^{m}$

*Arequipa*, capitale de la province du même nom.................... 2377$^{m}$

*Cochabamba*, capitale du département du même nom.................... 2575$^{m}$

Cochabamba, dont la population s'élève à 30,000 âmes, est donc plus haut que le Grand-Saint-Bernard.

*Chuquisaca* ou *la Plata*, capitale de la nouvelle république de Bolivia.. 2844$^{m}$

*Tupisa*, capitale de la province bolivienne de Cinti................. 3049$^{m}$

*La Paz*, près de la source du Rio Beni......................... 3717$^{m}$

La Paz est maintenant la ville la plus florissante de Bolivia. Sa hauteur au-dessus du niveau de la mer surpasse de beaucoup celle des plus hautes cimes des Pyrénées.

*Oruro*, près du Rio Desaguadero.... 3792m

Cette ville a une population de 5000 âmes. Elle est au niveau du milieu de la vallée du Desaguadero, et forme le centre d'un district très-riche par ses mines.

*Puno*, sur la rive occidentale du lac de Titicaca........................ 3911m

La population de Puno est de 5000 âmes.

*Chucuito*........................ 3970m

Cette ville, plus élevée que les plus hautes cimes du Tyrol, avait une population de 30,000 âmes avant l'insurrection qu'excita Tupac-Amaru.

*Potosi*, grande place.............. 4058m

*Potosi*, la partie la plus haute.... 4166m

Potosi se trouve donc à la hauteur du pic de la Jung-Frau, l'une des plus remarquables sommités des Alpes du canton de Berne.

VILLAGES ET BOURGS.

*Totoral*........................ 3439m

Ce village est situé à la base nord de l'Illimani.

*Carocollo*........................ 3879m

Village assez grand de la province de Oruro.

*Tiaguanaco* .................... 3905m

Ce village, situé près du lac de Titicaca, est célèbre par les ruines dont il est entouré, et qui sont les restes des gigantesques monumens élevés par les anciens Péruviens. La surface du lac de Titicaca est à 3872 mètres de hauteur.

*Lagunillas*, village de la province de Oruro .......................... 4135m

*Calamarca*, village de la province de la Paz ........................ 4141m

*Tacora* ......................... 4344m

Tacora est un village d'Indiens, situé à la base sud-ouest du volcan éteint qui porte le même nom.

HAMEAUX ET HABITATIONS ISOLÉES.

Hameau de *Santa-Lucia* et *Miravillas*. 4088m

Ce hameau se trouve sur la route de Arequipa à Puno.

Maison de poste de *Challa* ......... 4148m

Dans la Cordilière orientale.

Maison de poste de *Huayllas* ....... 4191m

Cordilière orientale.

Maison de poste de *Rio Maure* .... 4196m

Sur les limites des républiques du Pérou et de Bolivia.

Hameau et maison de poste de *Chullunquani* ........................ 4227m

Ce hameau est du côté de la Cordilière occidentale.

Maison de poste d'*Apo*............ 4376m

Cordilière occidentale, route d'Arequipa à Puno.

Maison de poste d'*Ancomarca*...... 4792m

Voilà une maison de poste située à la hauteur du Mont-Blanc. Je dois dire que, à cause de la rigueur du climat, elle n'est habitée que pendant trois ou quatre mois de l'année; mais la route est fréquentée dans tous les temps par les voyageurs qui se rendent de la Paz ou des autres villes populeuses de Bolivia, aux rives de la mer Pacifique.

---

*Sur la hauteur des neiges perpétuelles dans les Cordilières du Pérou.*

M. Pentland a reconnu que la limite inférieure des neiges perpétuelles, sur les flancs de la Cordilière orientale du Haut-Pérou, est très-rarement au-dessous de 5200 mètres, tandis que dans les Andes de Quito, *quoique beaucoup plus voisines de l'équateur*, cette limite est seulement à 4800 mètres.

En traversant le passage des Altos de Tolède, dans le mois d'octobre, M. Pentland trouva que sur l'Inchocajo, qui appartient à la Cordilière occidentale, la limite inférieure des neiges était de 400 mètres au-dessus du passage ou de 5180 mètres au-dessus de la mer.

Déjà le revers septentrional de l'Himalaya avait pré-

senté une semblable anomalie, et par une cause toute pareille : je veux parler de l'influence que les plateaux doivent nécessairement exercer sur la loi du décroissement de la chaleur dans l'atmosphère. Il est évident que si cette loi avait été trouvée pour une atmosphère libre, à l'aide de voyages aérostatiques, les nombres qu'elle fournirait feraient connaître à peu près la température des divers zones d'une montagne, quand cette montagne isolée s'élancerait rapidement dans les airs en s'appuyant sur une base peu étendue et située au niveau de la mer. Il n'en serait plus de même, à beaucoup près, si la montagne était assise sur un large plateau déjà élevé : à parité de hauteur, la température se trouverait alors sensiblement plus grande que dans le premier cas. C'est aussi par l'influence du plateau sur lequel les deux Cordilières du Pérou reposent, qu'on expliquera comment la vie organique s'y conserve si haut. Dans les Andes du Mexique, entre le 18e et le 19e degrés de latitude nord, toute végétation disparaît à la hauteur de 4290 mètres, tandis qu'au Pérou, sur le prolongement de la même chaîne, non-seulement il existe une nombreuse population agricole à des hauteurs supérieures, mais on y trouve encore des villages et de grandes cités. Aujourd'hui, un tiers de la population des contrées montueuses du Pérou et de Bolivia, habite des régions situées fort au-dessus de celles où toute végétation a cessé à parité de latitude dans l'hémisphère nord.

---

| [Jour] | à 0°. | extér. | [Hygr.] | à 0°. | extér. | [Hygr.] | à 0°. | extér. | [Hygr.] | à 0°. | extér. | [Hygr.] | maxim. | minim. | [État du ciel] à midi. | [Vents] à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 751,80 | + 2,3 | 87 | 751,86 | + 6,0 | 78 | 750,58 | + 6,5 | 77 | 750,48 | + 5,0 | 81 | + 6,6 | + 0,7 | Nuageux. | E. |
| 2 | 751,48 | + 5,0 | 85 | 750,86 | + 6,0 | 84 | 750,00 | + 5,5 | 86 | 750,86 | + 4,5 | 86 | + 6,0 | + 3,5 | Pluie fine. | E. |
| 3 | 752,43 | + 2,2 | 86 | 752,42 | + 5,5 | 81 | 752,53 | + 6,7 | 80 | 753,70 | + 2,7 | 84 | + 6,7 | + 1,7 | Nuageux. | E. |
| 4 | 754,05 | + 4,3 | 88 | 754,46 | + 7,5 | 87 | 754,87 | + 7,8 | 87 | 757,37 | + 5,3 | 89 | + 7,8 | + 3,8 | Couvert. | E. |
| 5 | 764,57 | + 5,7 | 90 | 765,22 | + 6,0 | 89 | 765,90 | + 5,2 | 90 | 766,90 | + 4,0 | 90 | + 6,0 | + 2,0 | Couv., brouil. tr-ép. | E. |
| 6 | 769,82 | — 2,3 | 71 | 768,07 | — 0,3 | 55 | 768,20 | + 0,8 | 54 | 768,00 | — 1,6 | 67 | + 0,8 | — 3,0 | Serein. | N. E. |
| 7 | 766,37 | — 4,7 | 84 | 765,98 | — 1,5 | 75 | 765,20 | — 1,0 | 74 | 764,04 | — 3,4 | 86 | — 1,0 | — 6,0 | Serein. | E. |
| 8 | 766,80 | — 5,8 | 89 | 767,00 | — 2,1 | 88 | 767,05 | — 0,5 | 82 | 767,37 | — 2,2 | 87 | — 0,5 | — 6,8 | Serein. | E. S. E. |
| 9 | 767,23 | — 4,2 | 90 | 765,96 | — 1,0 | 88 | 764,70 | + 0,6 | 78 | 763,18 | — 1,0 | 90 | + 0,6 | — 6,2 | Très-nuag., brouill. | N. |
| 10 | 760,45 | — 4,5 | 89 | 760,96 | — 0,8 | 88 | 761,03 | — 0,5 | 80 | 761,73 | — 1,5 | 88 | — 0,5 | — 5,0 | Vaporeux. | N. |
| 11 | 764,18 | — 1,5 | 80 | 764,40 | — 0,7 | 74 | 764,35 | — 1,0 | 75 | 765,46 | — 2,5 | 80 | — 0,7 | — 2,7 | Couvert. | E. S. E. |
| 12 | 767,26 | — 2,8 | 89 | 767,63 | — 1,0 | 85 | 767,70 | + 0,6 | 85 | 767,98 | — 2,3 | 90 | + 0,6 | — 3,5 | Nuageux. | S. E. |
| 13 | 767,90 | — 2,9 | 89 | 767,35 | — 0,0 | 88 | 766,40 | + 2,2 | 82 | 766,10 | — 1,1 | 89 | — 2,2 | — 5,0 | Beau. | S. E. |
| 14 | 766,30 | — 4,3 | 87 | 766,06 | — 1,8 | 85 | 765,50 | + 0,3 | 77 | 765,26 | — 4,0 | 88 | + 0,1 | — 5,5 | Vaporeux. | S. E. |
| 15 | 765,30 | — 7,0 | 89 | 764,85 | — 3,7 | 88 | 764,40 | — 2,0 | 87 | 764,40 | — 0,1 | 90 | + 0,2 | — 7,5 | Vapeurs. | N. O. |
| 16 | 762,96 | — 3,0 | 90 | 762,24 | — 2,3 | 87 | 761,10 | — 2,0 | 86 | 760,23 | — 4,3 | 89 | — 2,0 | — 5,8 | Couvert. brouillard. | N. E. |
| 17 | 757,65 | — 4,7 | 89 | 756,72 | — 4,0 | 87 | 755,70 | — 3,2 | 87 | 754,52 | — 2,2 | 89 | — 1,7 | — 4,7 | Couvert. | S. O. |
| 18 | 750,60 | — 2,3 | 90 | 749,72 | — 1,3 | 89 | 748,74 | + 0,3 | 89 | 748,90 | — 0,4 | 90 | + 0,3 | — 2,3 | Neige fine. | S. |
| 19 | 750,96 | — 0,5 | 90 | 750,96 | — 1,2 | 90 | 750,66 | — 2,0 | 89 | 750,80 | — 3,0 | 90 | — 0,5 | — 4,7 | Neige fine. | N |
| 20 | 751,66 | — 4,0 | 90 | 751,83 | — 0,3 | 77 | 752,47 | — 2,5 | 82 | 754,80 | — 4,6 | 88 | — 0,3 | — 5,5 | Couvert. | S. |
| 21 | 758,20 | — 5,2 | 88 | 758,30 | — 3,2 | 80 | 757,88 | — 4,0 | 80 | 757,30 | — 5,3 | 85 | — 3,2 | — 6,2 | Couvert. | S. |
| 22 | 754,67 | — 6,0 | 88 | 752,93 | — 5,4 | 86 | 750,90 | — 6,8 | 83 | 749,60 | — 6,5 | 90 | — 5,4 | — 7,5 | Couvert. | E. S. E. |
| 23 | 747,00 | — 5,4 | 80 | 746,47 | — 4,0 | 72 | 746,80 | — 5,2 | 74 | 747,65 | — 6,0 | 80 | — 4,0 | — 6,0 | Nuageux. | N. |
| 24 | 749,63 | — 9,5 | 85 | 749,69 | — 6,0 | 80 | 749,68 | — 5,6 | 82 | 750,95 | — 5,6 | 83 | — 5,5 | —11,0 | Couvert. | N. E. |
| 25 | 752,46 | — 9,0 | 82 | 753,03 | — 7,7 | 80 | 75[illegible],27 | — 6,7 | 80 | 755,48 | — 7,5 | 72 | — 6,2 | —10,2 | Très-nuageux. | N. fort. |
| 26 | 760,45 | — 9,3 | 73 | 760,85 | — 8,3 | 67 | 761,67 | — 8,3 | 66 | 764,55 | —10,8 | 75 | — 8,3 | —12,0 | Vaporeux. | N. |
| 27 | 767,07 | —12,1 | 83 | 766,87 | —11,0 | 79 | 766,96 | — 9,1 | 73 | 767,00 | —12,0 | 71 | — 9,1 | —14,2 | Beau. | N. |
| 28 | 766,30 | —12,5 | 80 | 765,15 | — 9,2 | 72 | 764,33 | — 8,5 | 62 | 764,90 | —11,5 | 82 | — 8,5 | —14,5 | Très-voilé. | N. |
| 29 | 765,17 | —12,0 | 78 | 764,62 | —10,0 | 76 | 765,05 | — 9,5 | 75 | 765,00 | —10,0 | 78 | — 9,5 | —13,5 | Couvert. | N. |
| 30 | 766,12 | — 8,0 | 82 | 765,34 | — 4,8 | 81 | 765,23 | — 4,3 | 81 | 766,17 | — 4,3 | 81 | — 4,0 | —10,3 | Couvert. | N. N. E. |
| 31 | 767,80 | — 4,2 | 79 | 768,08 | — 5,5 | 71 | 768,76 | — 7,7 | 69 | 770,40 | — 9,0 | 72 | — 3,7 | — 9,7 | Serein. | E. N. E. fort. |
| 1 | 760,50 | — 0,2 | 86 | 760,34 | — 2,5 | 81 | 760,01 | + 3,1 | 79 | 760,45 | + 1,2 | 85 | + 3,2 | — 1,5 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie en cent. |
| 2 | 760,48 | — 3,3 | 88 | 760,18 | — 1,9 | 85 | 759,70 | — 0,9 | 84 | 759,85 | — 2,5 | 88 | — 0,5 | — 4,7 | Moyenn. du 11 au 21. | Cour, 0,260 |
| 3 | 759,53 | — 8,5 | 82 | 759,21 | — 6,8 | 76 | 759,14 | — 6,9 | 75 | 759,91 | — 8,0 | 79 | — 6,1 | —10,4 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 0,230 |
| | 760,15 | — 4,1 | 85 | 759,88 | — 3,8 | 81 | 759,60 | — 1,7 | 79 | 760,06 | — 3,3 | 84 | — 1,3 | — 5,7 | Moyennes du mois, | — 3,5. |

# TABLE

## DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU QUARANTE-DEUXIÈME VOLUME.





